

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт Наук о Земле

Кафедра картографии и геоинформатики

ВОИТКОВ Анатолий Дмитриевич

Выпускная квалификационная работа

Создание интерактивной карты «Санкт-Петербург геодезический»

Уровень образования: бакалавриат

Направление 05.03.03 Картография и геоинформатика

Основная образовательная программа СВ.5020.2017 «Картография и геоинформатика»

Научный руководитель:

Доцент кафедры картографии и геоинформатики
Санкт-Петербургского государственного университета
к.т.н., Тюрин Сергей Вячеславович

Рецензент:

Президент Санкт-Петербургской
Ассоциации Геодезии и Картографии
Богданов Анатолий Станиславович

Санкт-Петербург

2021

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Опыт отечественных и зарубежных интерактивных карт.....	5
1.1 Примеры реализации проектов	5
Глава 2. Карта идея и исходные материалы.....	13
2.1. Исходные данные	13
Глава 3. Технические средства создания интерактивных карт.....	16
3.1. Веб-картографические библиотеки.....	19
Глава 4. Разработка макета	22
Глава 5. Создание интерактивной карты «Санкт-Петербург геодезический»	25
5.1. Составление картографической основы веб-карты.....	28
5.1.1. Выбор базовых слоев.....	28
5.1.2. Формирование группы слоёв с историческими планами Санкт-Петербурга ..	30
5.2. Формирование групп слоёв с точечными и линейными объектами.....	32
5.3. Создание веб-ресурса	37
5.4. Рекомендации к работе с картой	40
Заключение.....	41
Литература	42
Приложения	44

Введение

Санкт-Петербург на протяжении многих лет являлся столицей Российского государства, а соответственно и передовым научным центром, собирая в себе как самых опытных и образованных людей своего времени, так и передовые технологии и наработки профессионалов из разных областей наук, в том числе картографии и геодезии.

Неотъемлемой частью истории Санкт-Петербурга является история развития геодезии и картографии. Многие исторически значимые объекты не выдерживают нескончаемого течения времени и неостановимого антропогенного воздействия. Трудности возникают также из-за их большого количества, накопленного за годы жизни и роста Санкт-Петербурга. Контролировать состояние всех памятников истории из одной лишь области геодезии и картографии непростая задача. Однако подобных ресурсов с отображёнными историческими объектами на данный момент не существует, что отрицательно сказывается на возможностях знакомства и изучения данной тематики у людей, интересующимися историей развития картографии и геодезии в городе Санкт-Петербурге.

Исходя из этого возникает и потребность в создании общедоступного ресурса для просмотра всевозможных объектов с географической привязкой, что также упрощает контроль и наблюдения за сохранностью культурного наследия. Наиболее подходящим решением для отображения местоположения самых значимых памятников истории отрасли, их характеристик, гиперссылок на источники, фотографий и прочей полезной информации является – интерактивная карта.

Главным же преимуществом интерактивной карты и ключевым отличием от классических печатных карт, которые являются «слепком» текущей ситуации в момент её подготовки и издания, является возможность обновления и актуализации данных в соответствии с происходящими изменениями. Это играет достаточно важную роль в ситуации, когда создаётся проект, рассчитанный на долгосрочную перспективу использования и внесения изменений.

Цель данной работы – создание интерактивной карты города Санкт-Петербурга, на которой будут размещены различные исторические объекты (важные точки геодезической и картографической истории, предприятия, учебные заведения картографического, геодезического и изыскательского направлений, а также результаты трудов по развитию геодезических/нивелирных сетей и др.), отражающие собой историческое наследие отрасли. Будет полезно отобразить географически привязанные и накрывающиеся поверх основной карты изображения исторических карт и планов

различных годов и изданий. Также стоит обратить особое внимание на обеспечение работы с несколькими аппаратными платформами или операционными системами (кроссплатформенность/межплатформенность), так как в современном мире появляется всё больше разнообразных устройств разного формата, и наибольшее удобство от использования будет получено от возможности воспользоваться интерактивной картой как находясь на местности (с помощью мобильного устройства), так и в офисе или из дома (через стационарный компьютер или ноутбук). Создание подобного ресурса может сыграть важную роль в популяризации истории развития геодезической и картографической отраслей в Санкт-Петербурге.

Для выполнения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- 1) Знакомство с отечественным и зарубежным опытом создания интерактивных карт;
- 2) Сбор информации и получение материалов для наполнения ресурса;
- 3) Изучение технических средств создания интерактивных карт и возможностей веб-картографии, анализ проектов, реализованных на разных платформах;
- 4) Разработка прототипа дизайна (макета) проекта;
- 5) Создание интерактивной карты с использованием веб-технологий.
- 6) Публикация в информационно-коммуникационной сети Интернет.

Предметом исследования является методика создания интерактивной веб-карты и интернет-ресурса по материалам истории развития геодезии в городе Санкт-Петербург.

Глава 1. Опыт отечественных и зарубежных интерактивных карт

Исторически сложилось мнение, что картография является лишь инструментом для создания общегеографических и тематических карт. Однако, в современных реалиях, когда изменения различного масштаба происходят практически каждый день, подобные картографические материалы имеют крайне непродолжительный срок использования представленной на них информации. Информация, отображенная на карте, может быстро устареть. В настоящее время для решения задач по отображению пространственных данных, своевременной передаче информации, замедлению процесса её устаревания и возможности оперативного её использовать всё чаще используются геоинформационные веб-технологии, называемые веб-картографией.

Веб-картография — это область компьютерных технологий, связанная с «доставкой» пространственных данных конечному пользователю. Как это часто бывает, при переводе и адаптации иностранного термина, прямого аналога устоявшемуся в России словосочетанию "Веб-ГИС" в англоязычных источниках найти не удастся, гораздо чаще встречается такой термин как Web Mapping Services (картографические веб-сервисы).[5]

Основные задачи веб-картографии это:

- 1) Пространственное представление информации или другими словами: визуализация существующей информации;
- 2) Упрощение взаимодействия с пространственной информацией в интернет-пространстве (поиск, прокладка кратчайших маршрутов и другие услуги, основанные на местоположении объектов, обозначается на английском как LBS – location based services).

1.1 Примеры реализации проектов

Всевозможные интерактивные карты разного рода и направленности в данный момент можно встретить практически на каждом крупном веб-портале или небольшом сайте, размещённом в сети интернет. Среди довольно большого количества интерактивных карт, с которыми удалось познакомиться в процессе изучения данной тематики, особенно выделяются наиболее удобно организованные по структуре и перспективные, изображения которых будут показаны дальше.

Некоторые из этих проектов базируются на платформах с открытым исходным кодом (таких как OpenLayers [6] и Leaflet [7]), что предоставляет ряд важных преимуществ перед их конкурентами (такими как Google Maps, Яндекс.Карты и другие). Если говорить о ключевых отличиях, то они выражаются в следующем:

- При создании картографического ресурса предоставляется возможность использования картографических данных не от одного поставщика (так как в условиях пользования приложений поисковых систем подчёркивается возможность использования только их собственных картографических данных), но также и из различных бесплатно распространяемых источников;
- Возможность интеграции в проект сторонних модулей и дополнений, разрабатываемых отдельными командами разработчиков или даже самими пользователями (в отличие от картографических приложений поисковых систем, где все возможности ограничиваются предоставленными расширениями).

Во время знакомства с интерактивными картами, созданными с использованием библиотек OpenLayers и Leaflet особое внимание было уделено каким образом возможно отображение большого количества точечных объектов, их распределению на видимой области экрана и компоновке. Так как встречались примеры реализации картографических приложений с нагромождением информации, что в целом смотрится проигрышно в любом оформлении, так как происходит наложение значков друг на друга, что помимо визуально не эстетичного вида увеличивает нагрузку на устройство, с которого производится просмотр. Для решения данной проблемы используется бесплатный инструмент кластеризации маркеров. Те объекты на карте, которые расположены достаточно близко друг относительно друга, при приближении или отдалении объединяются в круг, с указанным на нём числе содержащихся внутри маркеров (что также может быть перенастроено отдельно или с помощью сторонних плагинов). Оба обсуждаемых инструмента (как OpenLayers, так и Leaflet) довольно схожи между собой внешне, но в случае с реализацией на основе Leaflet графика более удачно, так присутствует приятная глазу анимация, при выполнении которой кластеры буквально «расплываются» при изменении масштаба карты.

В дальнейшем, при сравнении используемых инструментов для отображения разработанных для отображения на карте условных знаков, всплывающих окон и т.д., преимущество библиотеки Leaflet становилось все более ощутимым над OpenLayers как в удобстве использования, объёму кода и итоговых файлов, так и в дизайне. Исходя из этого, был принят выбор использовать Leaflet, в качестве основной картографической платформы для создания интерактивной карты «Санкт-Петербург геодезический».

При изучении доступных интерактивных карт, в первую очередь внимание обращалось на различные проекты, которые связаны в основном с исторической тематикой.

Рассматривая иностранные веб-картографические проекты, довольно показательным примером сочетания интернет картографии и истории можно отметить такой сервис как «StoryMapJS»[9]. Данный сервис создавать презентационные проекты, использовать слайды, различную информацию (текстовую/фотографии/диаграммы и др.), располагая её на картографической подложке. Свой проект на основе предоставленных примеров можно создать через онлайн-конструктор или с использованием программного кода, написанного на языке JavaScript. А в основе созданных проектов как раз используется веб-картографическая библиотека Leaflet.

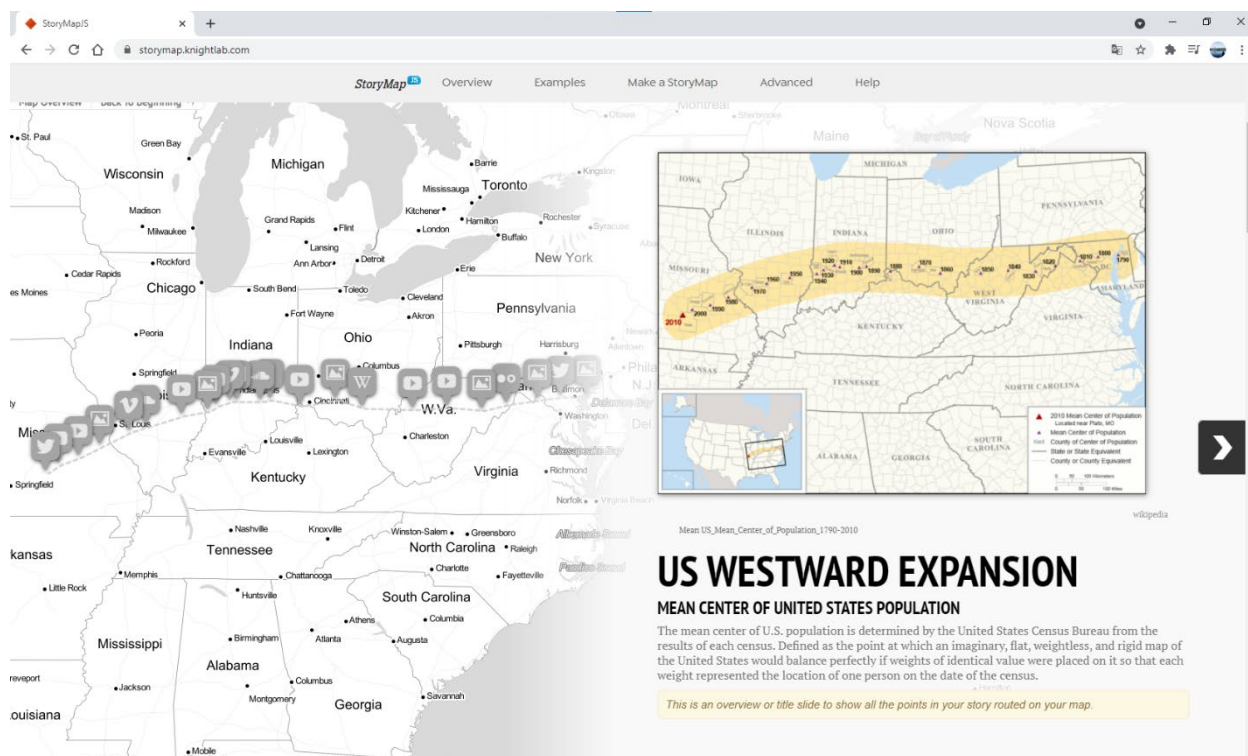


Рис. 1. Веб-карта «StoryMapJS»

В качестве примера, который размещён на главной странице проекта, рассматривалась карта «US Westward Expansion» (рис.1), предоставленная ресурсом «Northwestern University Knight Lab». Выполненный в виде презентации на основе интерактивной карты, проект отображает 200 летний период экспансии США на запад материка вместе с заметками, которые отражают главные достижения, события и настроения определённого времени. Условные знаки на карте переплетаются между собой с помощью слайдов. Перемещение по карте осуществляется справа налево по ходу презентации. Слайды содержат различную информацию (текст, фотографии из архивов, видеоматериалы, размещённые на таких площадках как YouTube и Vimeo, а также аудиоматериалы SoundCloud). StoryMapJS – проект с открытым кодом, который продолжает совершенствоваться силами разработчиков и пользователей.

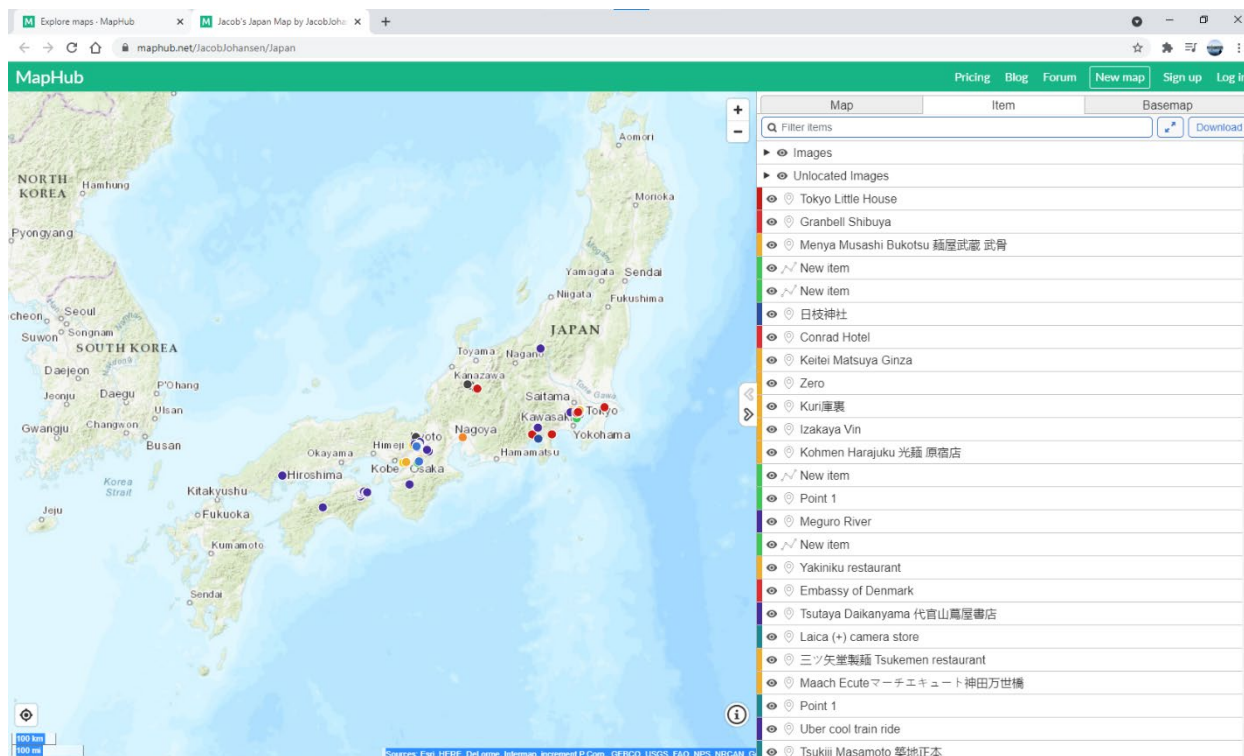


Рис. 2. Веб-карта, размещённая на ресурсе MapHub.net

Как вариант простого и не требующего от пользователя глубоких познаний в картографии и ГИС, был рассмотрен частично бесплатный ресурс «MapHub» [10] (рис. 2). Данный сайт позволяет создавать интерактивные карты без использования программирования и специализированного ПО. На главной странице проекта заявляется следующее: «Вы можете легко создать свою собственную карту, добавив точки, линии, многоугольники или надписи. Добавляйте фотографии, организуйте объекты в группы. Импортируйте и экспортируйте данные в форматах GeoJSON, Shapefile, KML, GPX или CSV. Встройте интерактивные карты на свой сайт». Как говорилось ранее, на многое из заявленного могут накладываться ограничения в бесплатной версии продукта, а для полноценного пользования ресурса необходимо производить оплату по подписочной системе, что не совсем подходит для реализации долгосрочного проекта. Делая поправку на довольно низкий порог входа для новых пользователей, можно сказать, что использование «MapHub» в качестве демонстрационной версии также было рассмотрено, но в итоге из-за указанных ограничений пришлось отказаться от услуг данного сервиса.

Помимо описанных, существуют и другие подобные сайты, предоставляющие схожий функционал, но все они так или иначе основываются на платной модели построения и поддержания проектов. Но для того, чтобы не повторялись, рассмотренных иностранных ресурсов будет достаточно. Далее перейдём к отечественному опыту создания интерактивных карт и рассмотрим наиболее интересные и полезные из изученных.

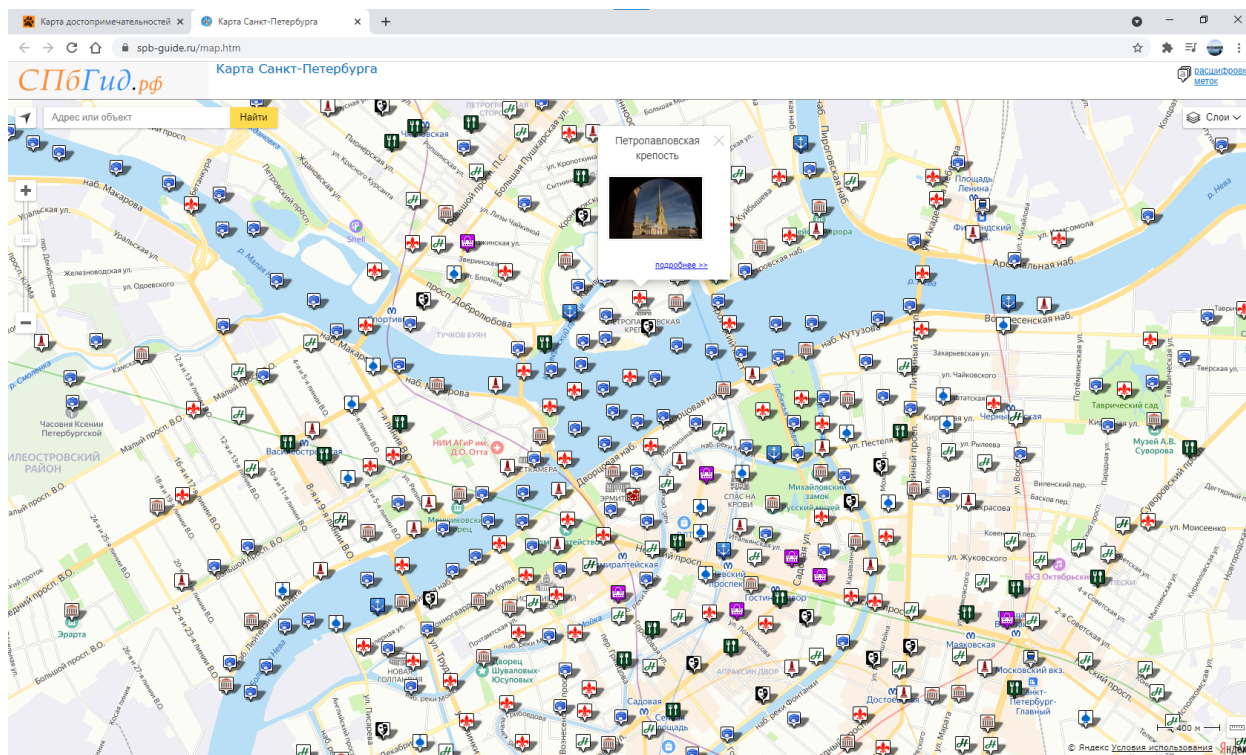


Рис. 3. Карта достопримечательностей Санкт-Петербурга, [11]

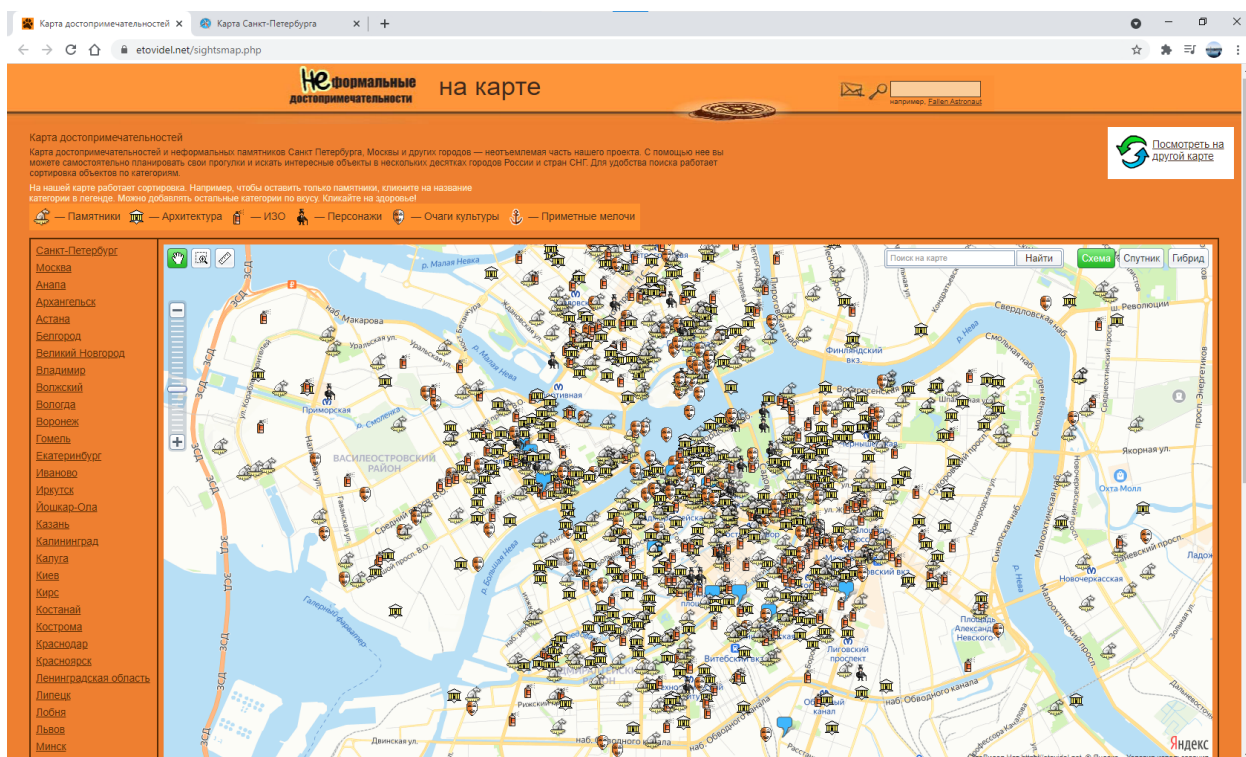


Рис. 4. Карта «неформальных» достопримечательностей, [12]

Оба представленных примера интерактивных карт (рис. 3 и рис. 4) имеют богатое наполнение и географическую привязку размещённых на данных ресурсах объектов. В остальном же можно заметить, что большое количество значков, создают путаницу и мешают ориентированию. Возможности сортировки крайне ограничены и представляют собой функцию фокусировки на определённом слое, но не объекте. Перегруженность также сказывается на быстродействии проекта, что доставляет дискомфорт.

На сайте «Службы государственного строительного надзора и экспертизы Санкт-Петербурга» можно также обнаружить раздел с интерактивной картой. [13]

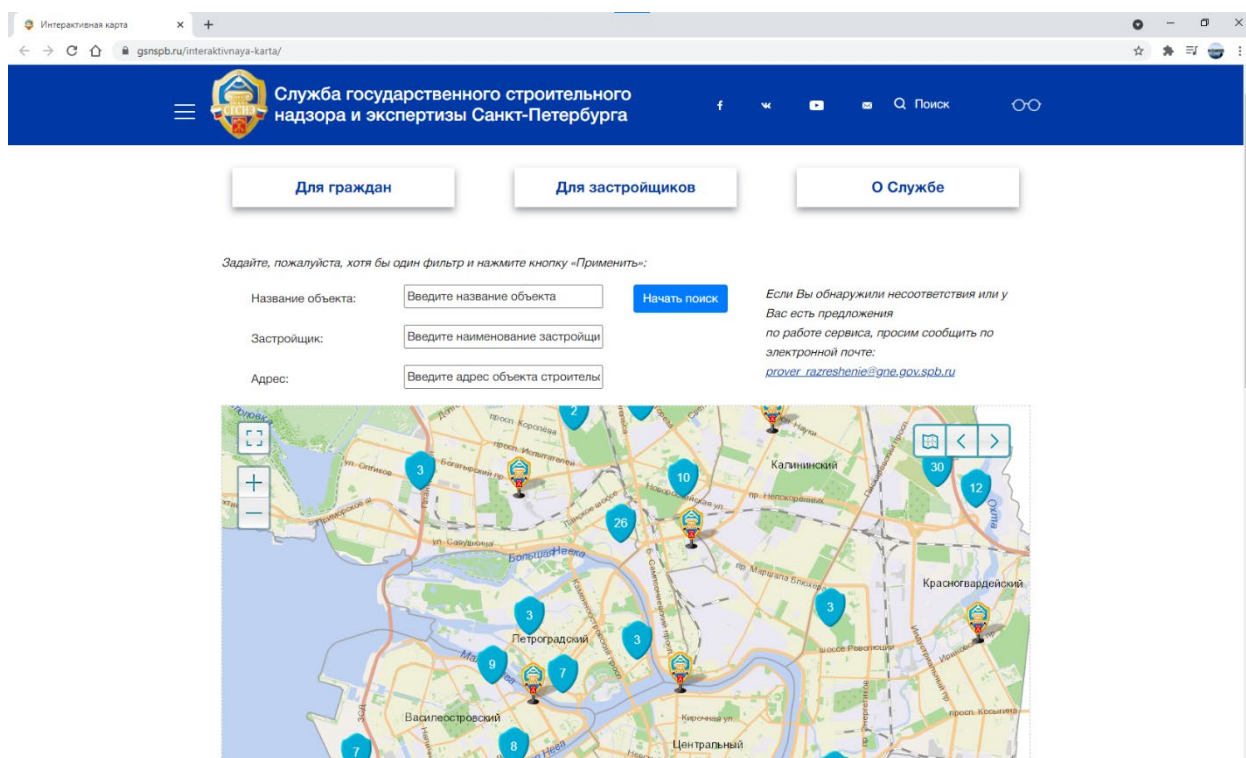


Рис. 5. Интерактивная карта объектов строительства, gsnsppb.ru/interaktivnaya-karta

Данный пример (рис. 5) примечателен тем, что при открытии в браузере панели разработчика мы можем обнаружить, что интерактивная карта создана с помощью JavaScript библиотеки Leaflet, настроена и приспособлена под нужды Службы государственного строительного надзора и экспертизы Санкт-Петербурга. Здесь также подмечается группировка маркеров в кластеры с изменённой со стандартного круга на стороннее изображение, но на функционале карты это по большому счёту никак не отобразилось, всё работает так же, как и при обычном варианте использования плагина. Стандартные изображения маркеров заменены на эмблемы службы, а при нажатии на маркер открывается всплывающее окно в виде «облака», где отображаются основные параметры и характеристики объекта. Под слоем маркеров расположен слой с полигонами, при нажатии на которые происходит то же самое, что и при нажатии на маркер. В целом, данный пример можно назвать удачным, так как основные проблемы, присущие предыдущим отечественным интерактивным картам в приведённых ранее примерах, устранены и нет перегружающего своим объёмом и неэстетичным видом наложения объектов, значков и маркеров.

Далее будут рассмотрены наиболее качественные и удачные примеры создания интерактивных картографических произведений, на которые опирался автор работы.

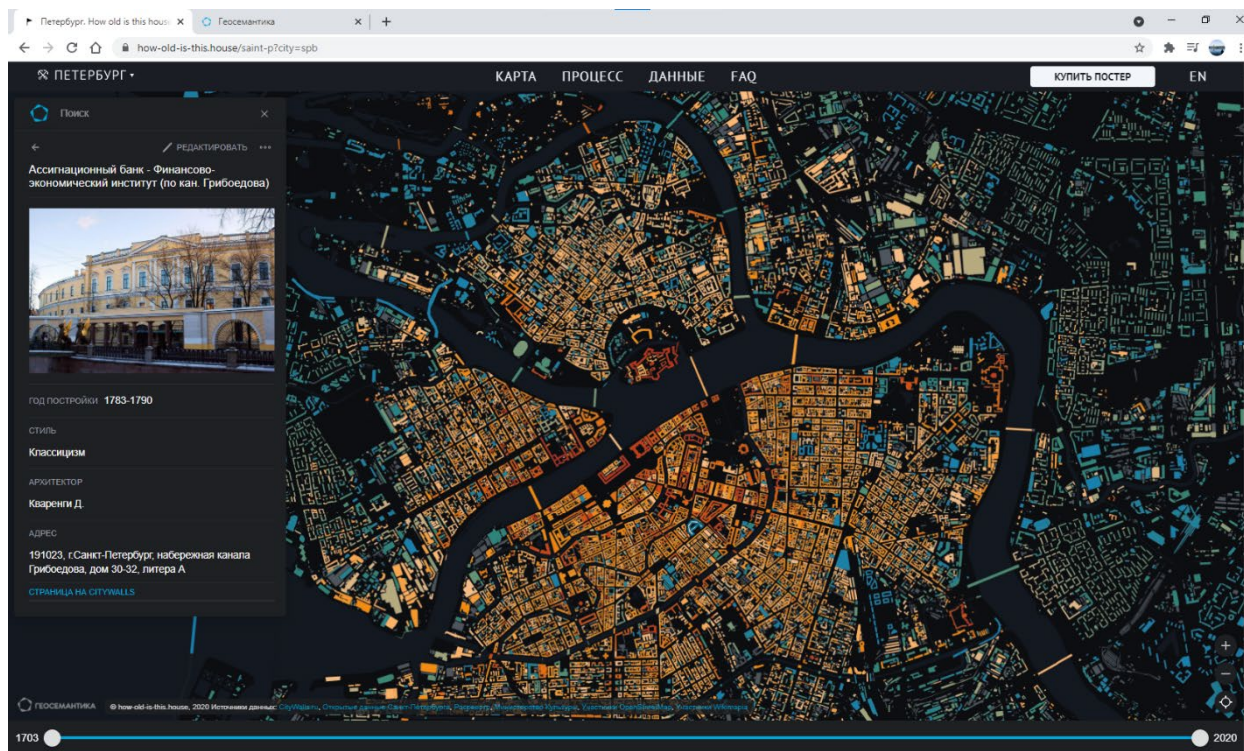


Рис. 6. Веб-карта возраста домов Санкт-Петербурга

Подобным образом выглядит интерактивная карта Санкт-Петербурга *how-old-is-this.house*, отображающая возраст, стиль, адрес и другую атрибутивную информацию о различных зданиях и строениях. Необходимо отметить грамотный и приятный дизайн, наглядную графику, большие и информативные всплывающие окна (рис.6). Важный пункт, который стоит обратить внимание в данном примере – это адаптация сайта с интерактивной картой не только под браузеры ПК, но и мобильных устройств. [14]

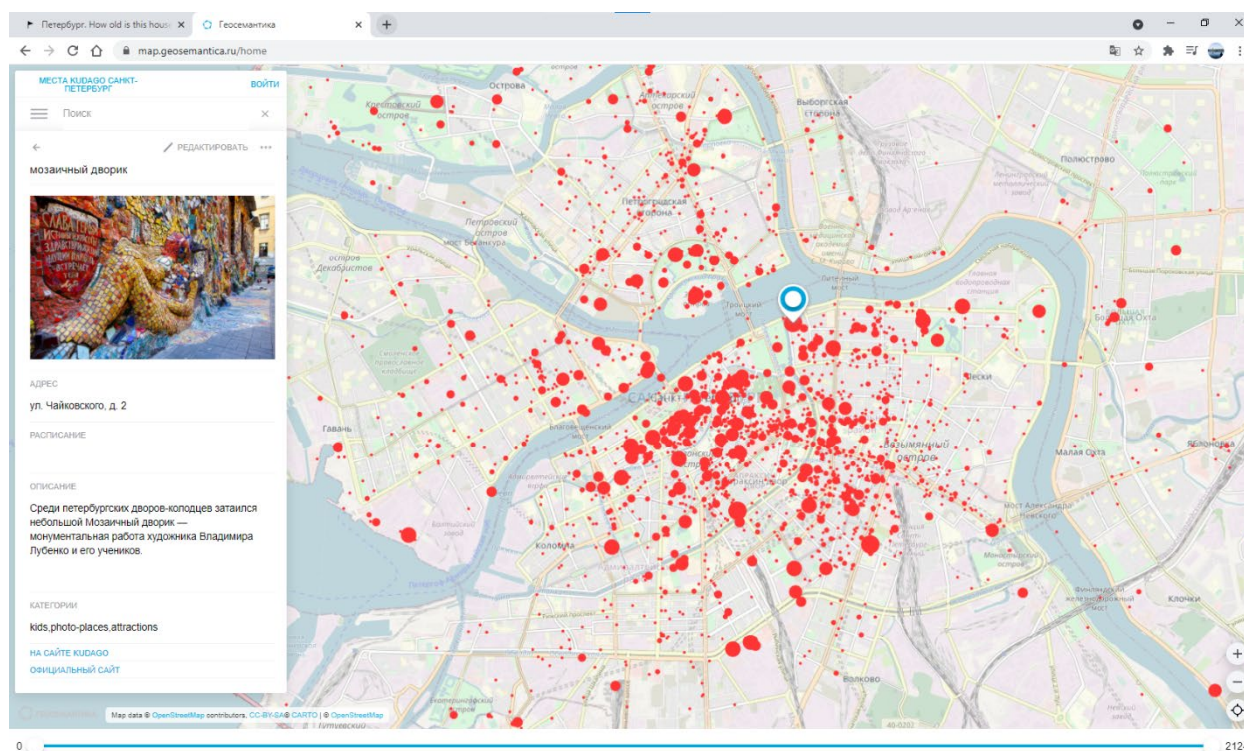


Рис. 7. Веб-карта «Места KudaGo Санкт-Петербург»

Так как интерактивная карта возраста домов Санкт-Петербурга создана при поддержке ООО "Геосемантика", то и на портале данной компании (помимо «how-old-is-this.house») размещены и другие веб-картографические проекты. [15]

На примере интерактивной карта «Места KudaGo Санкт-Петербург» (рис. 7), хоть она и не заявляется как историческая, можно обнаружить интересный вариант реализации веб-картографического проекта. В данном случае можно заметить схожий подход к оформлению и компоновки материалов.

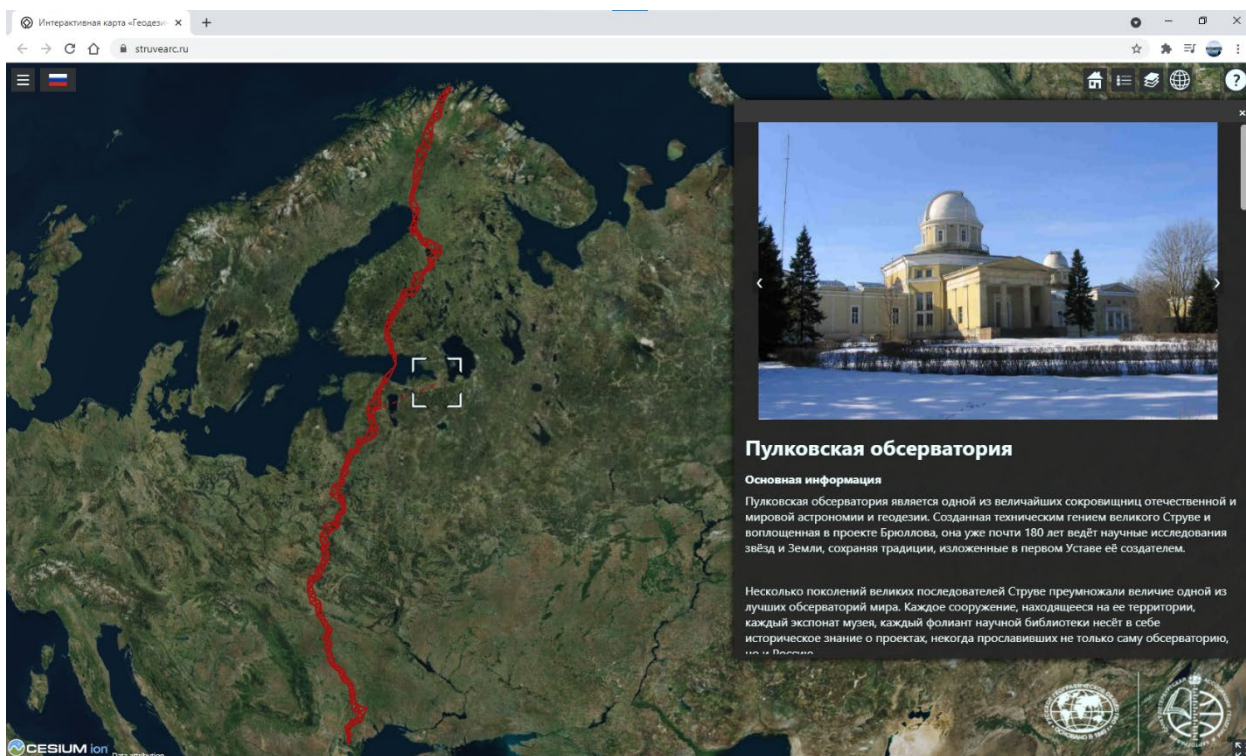


Рис. 8. Интерактивная карта (веб-сайт), «Геодезическая дуга Струве»

Одним из наиболее известных и значимых за последние годы проектов является интерактивная веб карта «Геодезическая дуга Струве» (рис. 8). Интересен данный проект тем, что его целью являлось так же создание интерактивной карты, только посвященной памятнику ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве». В проекте были использованы материалы, собранные Санкт-Петербургской ассоциацией геодезии и картографии за более 25 летний период сопровождения работ по Дуге меридиана, участия в научных и культурных экспедициях, заседаниях Международного координационного комитета по управлению памятником ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве», конференциях, проводимых различными странами. [16]

Данный проект реализован на базе Cesium [17] – JavaScript библиотеки для создания трехмерных глобусов, что не будет задействовано при создании интерактивной карты, отображающей не столь протяжённый участок (как Дуга Струве), а лишь территорию города Санкт-Петербург.

Глава 2. Карта идея и исходные материалы

Идея создания интерактивной карты «Санкт-Петербург геодезический» была предложена Санкт-Петербургской Ассоциацией Геодезии и Картографии в лице её президента – Богданова Анатолия Станиславовича. Несколькоими годами ранее уже предпринималась попытка в создании подобного общедоступного ресурса для просмотра всевозможных объектов с географической привязкой, просмотра и сохранения культурного наследия исторического развития геодезии и картографии на территории Санкт-Петербурга. К сожалению, по ряду причин тогда проект реализован не был и воспользоваться наработками предыдущего автора (Снурнишкина А. В.) не предоставлялось возможным.

Исходя из этого было принято решение о создании интерактивной карты с «нуля» в техническом плане и на основе полученных материалов от Ассоциации Геодезии и Картографии СПб, а также из открытых и доступных источников информацию. «Стержнем» и главной целью проекта является создание интерактивной карты города Санкт-Петербурга, на которой будут размещены разные исторически важные точки геодезической и картографической истории, предприятия, учебные заведения картографического, геодезического и изыскательского направлений, результаты трудов по развитию нивелирных и геодезических сетей, исторические карты и планы прошлых веков.

2.1. Исходные данные

Объекты интерактивной карты «Санкт-Петербург геодезический» можно распределить на группы для наиболее эффективного и удобного отображения:

- Памятники истории геодезии Санкт-Петербурга;
- Современные уникальные сооружения;
- Уникальные линейные сооружения;
- Пункты нивелирных и геодезических сетей:
 - Марки и насечки М.А. Савицкого в 1872-1874 годах (создавались для составления топографического плана города и проекта канализации города);
 - Марки профессора Ф.Ф. Витрама в 1892 году (марки закладывались на основных вокзалах, привязки нуля нивелировки Савицкого);
 - Отметки поднятия воды Ф.В. фон Бауэра в 1779 году (наносились для составления плана города, инженерной подготовки территории для защиты от наводнений);

- Планы города Санкт-Петербург различных годов и изданий:

- План Санкт-Петербурга 1777 г.;
- План Санкт-Петербурга 1860 г.;

Исходные данные по объектам были получены из следующих источников:

- 1) Санкт-Петербургская Ассоциация Геодезии и Картографии;
- 2) Интернет-ресурсы геодезического, картографического, геоинформационного и исторического направлений.

Перечень памятников истории геодезии и картографии Санкт-Петербурга и современных уникальных сооружений был получен от президента Санкт-Петербургской Ассоциации Геодезии и Картографии Богданова Анатолия Станиславовича.

В список объектов для отображения на интерактивной карте были включены:

1. Памятники истории геодезии и улицы, названные в честь заслуженных геодезистов
 - 1.1 Пулковская обсерватория
 - 1.1.1 Малый базис Струве (Пулковская обсерватория)
 - 1.2. Кронштадтский футшток
 - 1.3. Ул. Витковского
 - 1.4. Ул. Струве (Пулково)
 - 1.5. Ул. Меридианная (Пулково)
2. Библиотеки и музеи
 - 2.1. Российская национальная библиотека
 - 2.2. Библиотека Академии наук
 - 2.3. Музей военных топографов
 - 2.4. Музей Пулковской обсерватории
 - 2.5. Кунсткамера
 - 2.6. Петропавловская крепость
 - 2.7. Государственный Эрмитаж.
 - 2.8. Казанский собор
3. Учебные заведения
 - 3.1. Санкт-Петербургский государственный университет (ИНоЗ)
 - 3.2. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
 - 3.3. ПГУПС Императора Александра I
 - 3.4. Санкт-Петербургский горный университет
 - 3.5. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
 - 3.6. Академия А.Ф. Можайского (Факультет топографо-геодезического обеспечения) Пионерская ул., 20

- 3.7. СПб государственный архитектурно-строительный университет
- 3.8. Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина
- 3.9. Колледж управления и экономики «Александровский лицей»
- 3.10. Колледж «ПетроСтройСервис»
- 3.11. СПб ГБПОУ «Петровский колледж»
- 4. Геодезические и кадастровые организации, коллективные члены и партнеры СПб Ассоциации геодезии и картографии
 - 4.1. АО «Аэрогеодезия»
 - 4.2. Санкт-Петербургская Ассоциация Геодезии и Картографии
 - 4.3. Проектируемый памятник - Геодезистам России посвящается
 - 4.4. Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение «Центр информационного обеспечения градостроительной деятельности»
 - 4.5. Военно-историческое общество "Корпус Военных Топографов"
 - 4.6. ООО «ЛКМ»
 - 4.7. ООО «Изыскания-ПРО»
 - 4.8. ООО «Геодезические приборы»
 - 4.9. ООО «РФН-Геодезия СПб»
 - 4.10. ООО «Скай-Лайн»
 - 4.11. ООО «Маяк»
 - 4.12. ООО «Ленгеодезиясервис»
- 5. Органы исполнительной государственной власти
 - 5.1. Комитет по градостроительству и архитектуре (геолого-геодезический отдел)
 - 5.2. Отдел геодезии и картографии Управления Росреестра по Санкт-Петербургу
 - 5.3. Управление Росреестра по Ленинградской области
 - 5.4. Филиал ФГБУ "Федеральной кадастровой палаты Росреестра" по Ленинградской области
 - 5.5. Филиал ФГБУ "Федеральной кадастровой палаты Росреестра" по Санкт-Петербургу
- 6. Уникальные объекты Санкт-Петербурга
 - 6.1. Вантовый мост
 - 6.2. Западный скоростной диаметр (ЗСД)
 - 6.3. Лахта-центр
 - 6.4. Комплекс защитных сооружений от наводнений (КАД)
 - 6.5. Санкт-Петербургская телебашня

Глава 3. Технические средства создания интерактивных карт

На данный момент существует достаточно обширное число способов реализации интерактивных картографических проектов, практически каждый может выбрать подходящий для конкретной задачи инструмент, с помощью которого возможно решать задачи по разработке и созданию веб-картографических проектов.

Даже немного углубившись в изучение данной тематики, становится понятно, что разнообразие современных механизмов для создания различных веб-картографических приложений велико.

Для упрощения понимания их можно классифицировать следующим способом:

- Это так называемые «Виртуальные глобусы» (к ним относятся всем известные Google Maps, Bing Maps, Яндекс.Карты и др.) – являются наиболее доступными, простыми для понимания и нужно признать довольно эффективными средствами для быстрого создания и публикации данных в сети интернет. В основном их используют при работе с небольшим объемом данных, хотя встречаются и крупные проекты (они зачастую проигрывают по возможностям полноценным ГИС).
- Следующий уровень, который уже можно отнести к профессиональной сфере это «Пользовательские ГИС» (к ним относятся такие продукты как QGIS, GRASS, ArcGIS, Mapinfo и др.) – представляют из себя одновременно и клиентами, которые обрабатывают данные, получаемые с веб-серверов и поставщиков проанализированных и подготовленных для загрузки в веб-среду данных.
- В отдельную категорию можно вынести узконаправленную ветвь развития цифровых технологий «Картографические веб-серверы и библиотеки» (MapServer, GeoServer, OpenLayers, Leaflet и др.) – это свободные и проприетарные (несвободные) продукты, которые предназначены для публикации цифровых данных в веб-среду. Практически все из них поддерживают работу с разнообразными СУБД (например, PostgreSQL, SQL Server, MySQL и др.). Также они обладают большим набором функциональных возможностей по сравнению со столь распространёнными платформами как Яндекс.Карты или Google Maps. Стоит учитывать, что вместе с этим при работе с данными инструментами требуются как минимум базовые знания языков программирования и, желательно, основ системного администрирования.

В случае данного решения, а именно какой вариант подходит наилучшим образом именно для создания интерактивной карты «Санкт-Петербург геодезический», то вопрос выбора инструментов стоял перед автором достаточно остро, так как от этого зависят и

дальнейшая поддержка и развития проекта. После детального сравнения представленных инструментов стало очевидно преимущество использования подхода, требующего элементов разработки и программирование, что даёт большую гибкость и стабильность в перспективе.

Для координации действий разработчиков и развития информационных технологий в целом и веб-картографии в частности существует целый ряд ключевых организаций в геоинформационном сообществе. В основном они с помощью различных методов стараются всячески направлять и в отдельных случаях регулировать деятельность разработчиков. Наиболее удобным способом подобного "контролирования" в современном сообществе считается внедрение и продвижение определенных стандартов.

Типы ключевых организаций классифицируются следующим образом:

- Open Geospatial Consortium (OGC или ассоциации и регулирующие организации) – это некоммерческая организация, которая занимается поддержкой и продвижением стандартов и архитектур, что связаны с пространственными данными. Членами данного консорциума являются практически все наиболее значительные компании, чья деятельность так или иначе связана с пространственными данными (среди членов организации находятся такие как USGS, NASA, NGA, а главными же членами являются ESRI, Google, Microsoft, но присутствуют и другие);
- Opensource (с английского имеет значение открытый источник) группы: среди них OSGeo – это некоммерческая организация, которая создана специально для поддержки проектов с открытым программным кодом, как правило поддерживающихся открытыми сообществами специалистов из отрасли. Президентом данной организации является Angelos Tzotsos, а одними из основателей были Arnulf Christl, Chris Holmes, Gary Lang, Markus Neteler, Frank Warmerdam (создатель GDAL\OGR).
- Professional GIS (профессиональные географические информационные системы ГИС): наиболее известная из них, ESRI – это корпорация, которая специализируется на ГИС (до недавнего времени практически не имела конкурентов на рынке). В последнее же время ESRI активно старается укрепить свои пошатнувшиеся позиции на рынке веб-картографии, развивая такие проекты как ArcGIS Server ArcGIS Online и другие. Также присутствуют и другие крупные компании, составляющие конкуренцию (Mapinfo, Autodesk и др.).
- Крупные компании, чья деятельность практически полностью связана с интернетом, так называемые «интернет-гиганты»: Google и соратники – это группа компаний (куда входят так же Yahoo и Bing и др.), которая рассматривает веб-

картографические проекты в основном как один из дополнительных способов заработка, а именно публикация рекламы. В основном популярность данных ресурсов достигается за счёт предоставления широкому кругу пользователей доступа к ранее практически недоступным базам данных, космической съемке высокого разрешения, сопутствующих им технологий маршрутизации и поиска, что также помогает им активно расширять онлайн присутствие и влияние на отрасль в целом.

- Data generators или «генераторы данных»: это поставщики пространственных данных, как правило, предоставляющих свои услуги платно (коммерческие), например цифровой картографической информации (такие как Navteq или Teleatlas), спутниковых данных (GeoEye и DigitalGlobe). В последнее время в данном секторе появляется всё больше некоммерческих участников (OpenStreetMap и другие) [5].

Общие стандарты и принципы в области разработки программного обеспечения, которое предоставляет картографические веб-сервисы, разрабатываются и декларируются международной некоммерческой организацией Open GIS Consortium (далее OGC).

OGC основали в 1994 году 25 сентября. На момент создания включала лишь 8 членов. Уже в 2004 год их число возросло с начальных 8 до внушительных 250. На сегодняшний день в OGC представлены самые крупные коммерческие, академические, а также государственные организации, которые занимаются разработкой, исследованиями в области развития и разработки геоинформационного ПО (Boeing, Oracle, ESRI, MapInfo, Google (с 2006 года) и многие другие).

Деятельность OGC в области геоинформационных систем можно во многом сравнивать с деятельностью W3C (Консорциум Всемирной паутины – World Wide Web) по стандартизации процессов и технологий во всемирной сети. Так, одной из первых разработок OGC были стандарты созданию Geography Markup Language (GML) – языка группы XML (eXtensible Markup Language - расширяемый язык разметки), предназначенного для описания географически привязанных объектов. GML же может быть использован как язык моделирования и как язык передачи пространственной информации в сети интернет.

Спецификации OGC предоставляют некоторые типы картографических веб-сервисов:

- Web Map Service (opengeospatial.org/standards/wms):
 - Он определяет параметры запроса и предоставления пространственной информации в виде графического изображения либо набора объектов;

- Описывает условия получения и предоставления информации о содержимом карты (свойства объекта или объектов в указанном месте карты);
- Характеризует условия доставки информации о возможностях сервера по представлению разных типов картографической информации.
- Web Feature Service (openeospatial.org/standards/wfs)
 - Он определяет условия получения и дальнейшего обновления пространственно привязанной информации клиентской частью приложения, используя в данном случае GML;
 - Описывает стандартный интерфейс доступа и манипуляции географическими объектами через HTTP-протокол.
- Web Coverage Service (openeospatial.org/standards/wcs)
 - В целом предназначен для расширения возможностей WMS и для предоставления растровой географической информации;
 - Но в отличие от WMS, Coverage Service разрабатывался для представления свойств и значений в каждой конкретной точке географического пространства, а не на создание «готовых картинок», и проводит интерпретацию данных уже не на сервере, а на клиентской части приложения.

С каждым годом из-за роста популярности картографических веб-сервисов рождается всё большее число различных модификаций уже существующих языков и стандартов передачи пространственных (географических) данных. Можно сделать предположение, что уже в ближайшем будущем OGC придётся включить в сферу своих интересов также рассмотрение и регулирование языков программирования, различных форматов передачи данных и стандартов, которые будут из описывать.

3.1. Веб-картографические библиотеки

Как уже было сказано ранее, лучшим способом реализации проекта по созданию интерактивной карты будет написание программного кода с использованием веб-картографических библиотек. В данный момент и уже довольно протяжённый промежуток времени (с 2015 года) наиболее распространёнными вариантами являются библиотеки с открытым исходным кодом, написанным на JavaScript, а именно OpenLayers и Leaflet.

OpenLayers — это JavaScript библиотека с открытым исходным кодом, которая предназначена для создания карт на основе программного интерфейса (API), подобного Google Maps Embedded API или Bing Maps API. OpenLayers помогает относительно просто

размещать динамические карты на любой веб-странице. Он может отображать тайлы карт, маркеры и векторные данные, загруженные из любого источника. OpenLayers был разработан для дальнейшего использования пространственной информации всех видов. Это полностью бесплатный проект с открытым исходным кодом (лицензия BSD 2-ой статьи, также известна как FreeBSD) [6].

JavaScript библиотека OpenLayers позволяет в короткие сроки создать веб-интерфейс для отображения картографических материалов, которые могут быть представлены в различных форматах и расположенных на разных серверах. Например, используя OpenLayers, возможно создать собственную карту, включающую в себя слои, предоставляемые WMS/WFS серверами (MapServer, GeoServer или ArcInternetMapServer) и данными разных картографических сервисов (Google и др.).

Leaflet — в данный момент является ведущей JavaScript библиотекой с открытым исходным кодом, используемая для создания всевозможных интерактивных карт. В первую очередь Leaflet разрабатывалась с учётом простоты, производительности и удобства её использования. Можно отметить, как эффективно данная библиотека работает на абсолютном большинстве настольных и мобильных платформ (которые поддерживают HTML5 и CSS3, а их сейчас огромное множество), также может быть дополнена в функциональном плане с помощью большого количества плагинов и расширений, в добавок имеет приятный для восприятия, простую в использовании и обширную документацию, API и легко читаемый исходный код [7].

Библиотека Leaflet наряду с OpenLayers и Google Maps Embedded API — является одной из наиболее популярных картографических JavaScript библиотек. Она используется на таких крупных сайтах, как OpenStreetMap, Mapbox, CartoDB, Foursquare, Data.gov, проектах WikiMedia, Meetup, CloudMade и многих других.

Leaflet так же поддерживает и слои Web Map Service (WMS), GeoJSON, различные векторные и тайловые слои. При необходимости загрузки слоёв других типов, можно воспользоваться дополнительными модулями, в которых заявлена подобная поддержка. В Leaflet реализована следующая стандартная модель отображения слоёв: сперва появляется базовая карта (подложка), а уже далее растровые либо векторные слои, которые накладываются поверх. Важным моментом является то, что слои могут являться интерактивными (отображать подсказку при клике по маркеру и др.).

Основными типами объектов Leaflet являются:

- Растровые (L.TileLayer и L.ImageOverlay);
- Векторные (L.Marker, L.Polyline, L.Polygon и др.);
- Групповые (L.LayerGroup, L.FeatureGroup);

- Инструменты контроля (L.control.Zoom, L.Control.Attribution и др.).

Также существуют вспомогательные классы для управления проекциями, трансформаций и взаимодействия с объектной моделью документа (DOM).

Leaflet обычно сравнивают с OpenLayers — обе являются открытым ПО, обе — клиентские библиотека на JavaScript.

Библиотека Leaflet обладает определёнными сходствами с библиотекой OpenLayers. Обе являются платформами с открытым исходным кодом написанные на JavaScript. Различия проявляются в том, что Leaflet заметно компактнее в размерах кода и занимает меньше места, нежели OpenLayers.

Leaflet часто сравнивают с закрытым Google Maps Embedded API и Bing Maps API, так как они все выполняют значительную часть процессов на стороне сервера. Google Maps JS API предоставляют пользователям скорость и простоту использования вместе, однако ограничиваются лишь сервисами Google и в целом нацелены на коммерческое использование (пробный период можно получить по заявке, но по его окончании придётся платить) [8].

В «чистом» виде (без использования плагинов) Leaflet обладает как минимум следующими возможностями:

- Размещение на карте панели навигации (на ней находятся кнопки сдвига карты, увеличения и уменьшения масштаба);
- Сдвиг карты при помощи мыши и сенсорных панелей дисплеев мобильных устройств;
- Изменение масштаба карты при прокрутке колеса мыши, либо по «щипку» на экранах мобильных устройств;
- Получение координат точки, над которой находится указатель мыши (по умолчанию они указываются в строке браузера);
- Управление прозрачностью слоёв карты (через параметр `opacity`);
- Добавление панели управления слоями карты;
- Выбор произвольного объекта и получения атрибутивной информации о нем;
- Размещение на карте различных пользовательских элементов (таких как точки, линии, полигоны и т.д.).

Используя доступные плагины для Leaflet JS, можно значительно расширить функциональные возможности создаваемого интерактивной веб-картографического произведения.

Глава 4. Разработка макета

Для любого картографического произведения будь то печатный или цифровой продукт всегда важно обращать внимание на дизайн, компоновку и итоговое удобство пользования картой.

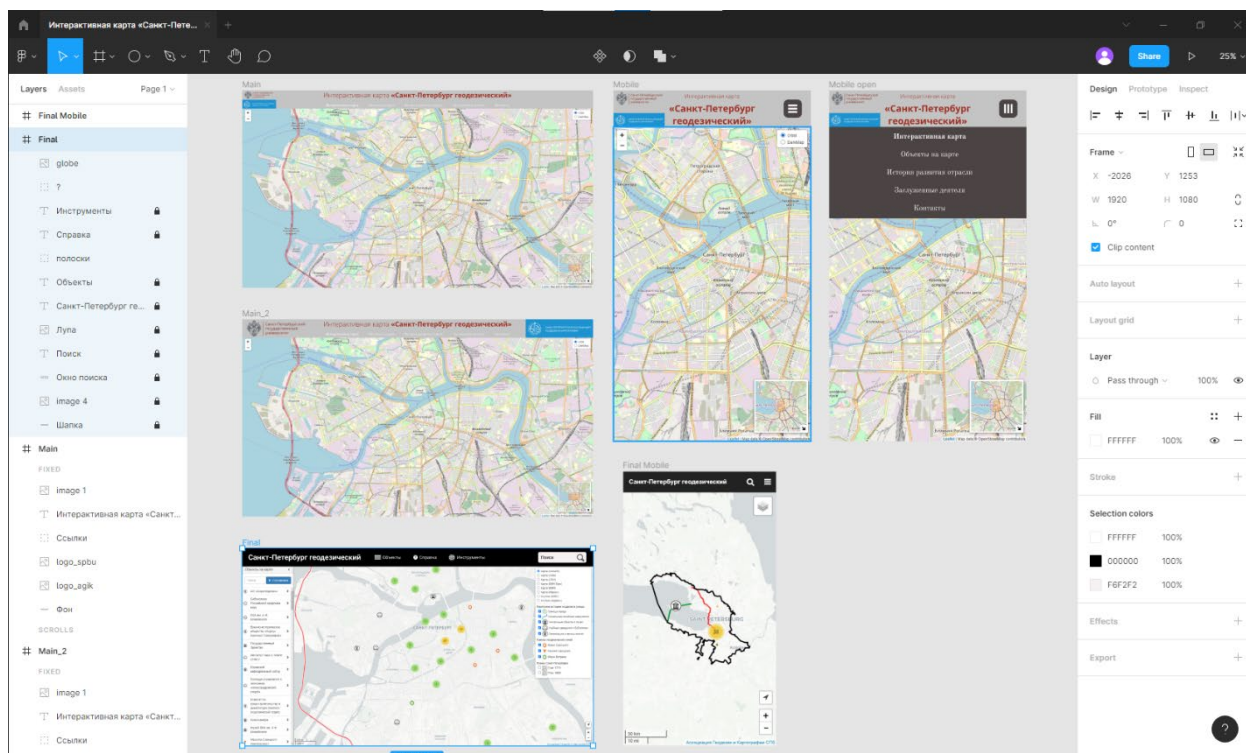


Рис. 9. Интерфейс программы Figma

Сайт, с размещённой на нём интерактивной картой не должен быть перегружен, не должно быть и «белых пятен» с пустыми полостями, отнимающих полезную площадь дисплея. Необходимо рационально использовать отведённое пространство одновременно, как на широкоформатных мониторах компьютеров, так и вертикально вытянутых экранах смартфонов.

Чтобы разработка макета веб-сайта с интерактивной картой проходила максимально эффективно, было принято решение использовать для этого один из самых современных на данный момент инструментов, которым в большинстве своём пользуются на производстве и в частных целях дизайнеры интерфейсов во всём мире.

Figma (рис. 9) — это кроссплатформенный онлайн-сервис для разработки интерфейсов и прототипирования с возможностью организации совместной работы в режиме реального времени. Сервис доступен по подписке, но также предусмотрен бесплатный тарифный план для одного пользователя, чего полностью достаточно для нашего проекта. Имеются офлайн-версии для Windows, macOS, Linux.

Используя встроенные в Figma инструменты, сначала рисовалась «шапка» веб-сайта, где располагаются основные элементы взаимодействия. Далее, создавая макет,

прорабатывался каждый из объектов, размещённых на дисплее. Одновременно с настольной версией, на отдельном слое создавался прототип интерфейса для мобильных устройств сразу в двух вариантах, чтобы иметь представление о том какие элементы будут перекрыты при открытии меню.

Хотелось бы отметить богатый функционал и широкий спектр возможностей, которые предоставляет Figma. Помимо создания графического представления, что всё-таки является ключевым в программе, предназначенной для дизайна, в Figma также имеется возможность получить параметры объектов на холсте, цвет элементов и даже CSS код элемента в формате HEX (RGB в шестнадцатеричной системе. Выглядит таким образом #102945, первые две цифры отвечают за красный цвет, вторые за зеленый и третьи за синий. Где #000000 — черный цвет, а #ffffff — белый). Всё это может значительно ускорить дальнейшие процессы разработки.

Во время работы в специализированном дизайнерском ПО был разработан макет для будущего веб-сайта с интерактивной картой (рис. 10) сразу в нескольких версиях под разные устройства.

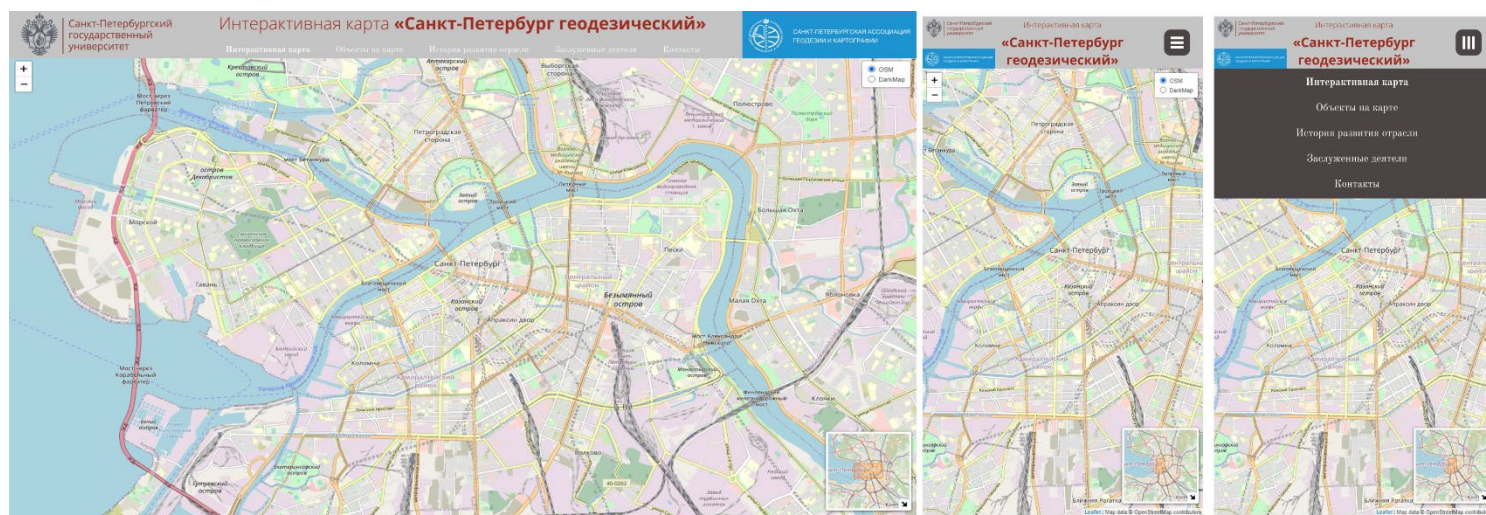


Рис. 10. Первый макет адаптивного веб-сайта с интерактивной картой

В дальнейшем от данного дизайна пришлось отказаться, так как при переносе с макета в программный код некоторые элементы, несущие только декоративный характер могли негативно сказываться на опыте использования и вызывать непредвиденные ошибки графического характера. А так как создаваемый ресурс в первую очередь должен быть стабильным и не вызывать дискомфорта у пользователей, то пришлось сконцентрироваться на практичности и разработать другой, более удачный макет веб-сайта с интерактивной картой, который будет соответствовать всем требованиям, описанным ранее, и не вызовет трудностей при разработке из-за графической сложности реализации.

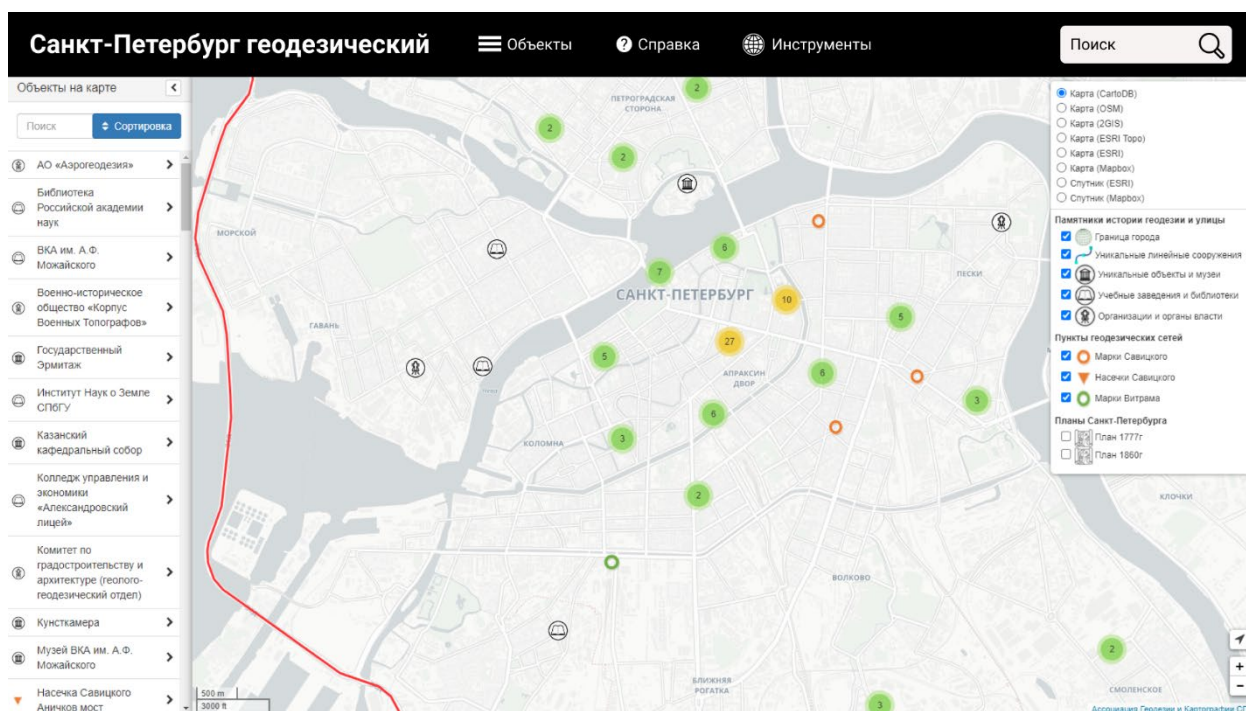


Рис. 11. Финальный макет адаптивного веб-сайта с интерактивной картой

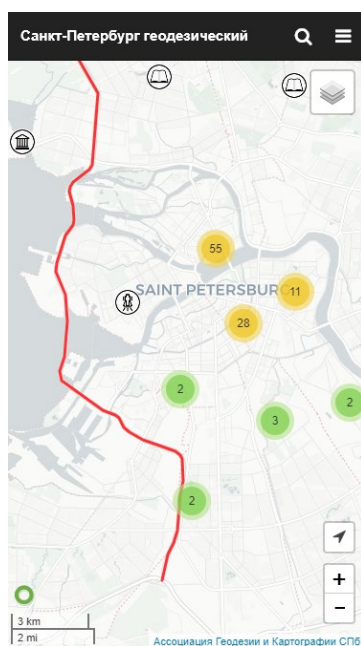


Рис. 12. Финальный макет мобильной версии веб-сайта с интерактивной картой

После внесения корректировок в созданные ранее прототипы макета и проверки возможности дальнейшего использования как примера для разработки основного ресурса с интерактивной картой получилось добиться наиболее удачного варианта. По итогу работы на данном этапе было создано несколько промежуточных (их можно обнаружить в приложении) и два финальных (рис. 11-12) макета веб-сайта с картой.

Глава 5. Создание интерактивной карты «Санкт-Петербург геодезический»

В данной главе описывается процесс создания адаптивного [18] веб-сайта с интерактивной картой «Санкт-Петербург геодезический». Но также, основываясь на предоставляемом порядке действий и рекомендациях автора работы, имеется возможность как редактирование и изменение проекта для усовершенствования и большего наполнения информацией, так и создание интерактивной карты под иные нужды для других регионов и городов, где основной темой может являться уже не геодезия и картография, а другие исторические или неисторические объекты.

Безусловно, самым главным объектом внимания в данной работе является именно интерактивная карта, но она должна быть оформлена в удобную «обёртку», то есть сам сайт, на котором она будет размещена, предполагает практичность и адаптивность (а значит и автоматически подстраиваться под различные конфигурации устройств, порой сильно разнящихся в разрешении и соотношении сторон дисплеев).

Это означает, что сперва необходимо определиться с инструментами (рис. 13), с помощью которых будет создаваться интерфейс веб-сайта. Базовым «строительным блоком», который определяет содержание и структуру веб-контента, является HTML (HyperText Markup Language — «язык гипертекстовой разметки»)[23]. Для описания внешнего вида документа (веб-страницы) необходим CSS (Cascading Style Sheets)[21] — это код, который используется для стилизации веб-страницы. А основным инструментом для придания карте интерактивности, а веб-сайту адаптивности в нашем случае будет JavaScript — это мультипарадигменный язык программирования (он поддерживает объектно-ориентированный, императивный и функциональный стили, является реализацией спецификации ECMAScript 6. JavaScript обычно используется как встраиваемый язык для программного доступа к объектам приложений)[24].



Рис. 13. HTML, CSS и JavaScript, основные инструменты для создания веб-сайта

Для написания программной части нашего проекта необходим текстовый редактор, а лучшим решением будет IDE (Integrated development environment или же ИСР - интегрированная среда разработки), также известная как единая среда разработки, ЕСР — комплекс программных средств, используемый программистами для разработки программного обеспечения (ПО). Одним из наиболее функциональных и распространённых на данный момент продуктов для разработки и создания веб-сайтов является Visual Studio Code [22] — редактор программного кода, разработанный Microsoft для Windows, Linux и macOS. Позиционируется как «лёгкий» редактор кода для кроссплатформенной разработки веб- и облачных приложений.

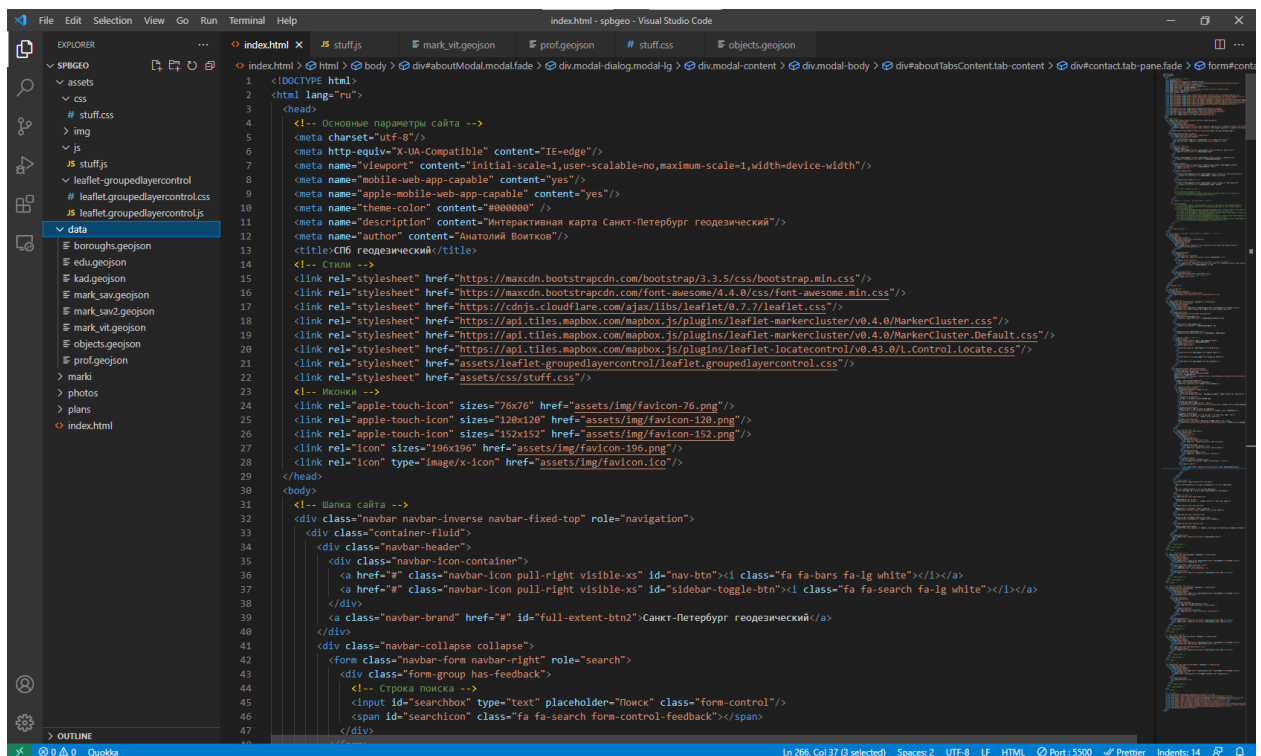


Рис. 14. Интерфейс программы Visual Studio Code [28]

Преимущества данного инструмента разработки перед не менее распространёнными редакторами (Notepad++ и Sublime Text 3) более чем очевидны, а именно:

- Простота настройки;
- Возможность установки сторонних плагинов, значительно расширяющих стандартный функционал;
- Запуск Live Server помогает не перезагружать страниц при каждом внесении изменения, а делает это автоматически;
- Удобная подсветка синтаксиса многих языков программирования;
- Функция типизации и форматирования кода в удобочитаемый.

Определившись с тем, где будет происходить основной процесс написания программного кода, осталось так же определиться и с главным «фреймворком» (framework — каркас, структура)[19], программной платформой, определяющей структуру программной системы (программное обеспечение, облегчающее разработку и объединение разных компонентов большого программного проекта). После изучения доступных вариантов, автором работы было выяснено, что в нашем случае лучшим образом подходит «фреймворк» Bootstrap (getbootstrap.com) [25].

Bootstrap — это свободный набор инструментов для создания сайтов и веб-приложений. Включает в себя HTML- и CSS-шаблоны оформления для типографики, веб-форм, кнопок, меток, блоков навигации и прочих компонентов веб-интерфейса, включая JavaScript-расширения. Bootstrap использует самые современные наработки в области CSS и HTML. Стоит понимать, что в отличие от библиотеки, которая объединяет в себе набор близкой функциональности, — «фреймворк» содержит в себе большое число разных по тематике библиотек.

«Фреймворк» отличается от понятия библиотеки тем, что библиотека может быть использована в программном продукте просто как набор подпрограмм близкой функциональности, не влияя на архитектуру программного продукта и не накладывая на неё никаких ограничений. В то время как «фреймворк» диктует правила построения архитектуры приложения, задавая на начальном этапе разработки поведение по умолчанию — «каркас», который нужно будет расширять и изменять, согласно указанным требованиям (пример программного фреймворка — С.М.Ф. (Content Management Framework), а пример библиотеки — модуль электронной почты).

Далее происходило создание основной части html сайта. Для удобства и дальнейшего использования во время написания программного кода всё строго форматировалось и оставлялись комментарии. Если говорить о структуре html документа, то она получилась следующая:

- 1) Сперва задаются основные параметры веб-сайта;
- 2) Далее подгружаются файлы стилей (CSS) и иконки, отображающиеся в браузере;
- 3) Шапка сайта (кнопка вызова боковой панели, справка, панель инструментов и строка поиска);
- 4) Боковая панель для отображения видимых в области объектов (с функцией сортировки в алфавитном либо по возрастанию и в обратном порядке);
- 5) Прогресс загрузки веб-страницы (отображается пока идёт загрузка на устройство);
- 6) Окно со справкой (описание проекта, обратная связь, дисклеймер, ссылки на исходные данные, полученные из открытых источников)

- 7) Окно с легендой карты
- 8) Окно свойств объекта, появляющееся при нажатии
- 9) Блок, указывающий на авторство с ссылкой на АГИК СПб
- 10) Правильным считается скрипты писать в конце html документа (веб-страницы), так как чтение и выполнение программы происходит построчно, и она не сможет обратиться к элементу, который ей ещё не известен.

Также были написаны тестовые разделы с авторизацией и загрузкой данных с веб-сайта. В данный момент они закомментированы и не являются активными, но при необходимости ими можно воспользоваться в любой момент.

5.1. Составление картографической основы веб-карты

5.1.1. Выбор базовых слоев

Одним из наиболее важных компонентов при создании любой карты, включая веб-карты, является её картографическая основа. Для разрабатываемой интерактивной карты необходимо было выбрать основу таким образом, чтобы она не была броской и не переводила внимание пользователей с главных объектов. Она должна быть дополняющим элементом, выполняющим лишь вспомогательную роль, отображая необходимый минимум картографической информации. Главными элементами веб-карты являются векторные типы данных, изображающиеся в виде маркеров и полилиний и полигонов.

Для создания веб-карты была выбрана картографическая JavaScript библиотека Leaflet, которая позволяет использовать базовые слои, хранящиеся на серверах, и, находящиеся в открытом доступе (OpenStreetMap, Mapbox, ESRI и др.). Базовый слой карты представляет собой набор тайлов (большое количество разделенных изображений (размером 256x256 пикселей), составляющих полную картину обширной территории. Данная технология позволяет отображать только определенную наблюдаемую область карты, не нагружая оперативную память и сетевой трафик дополнительной загрузкой. В зависимости от масштаба карты, отображается соответствующий набор тайлов.

Подобным же способом подгружаются выбранные для работы базовые слои карты — CartoDB, OpenStreetMap Standard, 2GIS, ESRI Topo, ESRI World Street Map, Mapbox Streets и пару разных, предоставляющих спутниковые снимки, слоёв Mapbox Satellite и ArcGIS Imagery. Столь большой список обусловлен тем, что пользователю предоставляется выбор между картографическими основами («подложками») разной степени детальности и цветовой палитры. Таким образом пользователь может подобрать наиболее приятный и подходящий под его цели слой.

CartoDB – минималистичный слой с лаконичным дизайном, используется по умолчанию на главной странице проекта. Назначение у данного слоя – общегеографическое. Также изображение достаточно информативное и не пестрит яркими красками. По этой причине слой CartoDB был включен в набор слоев для проекта.

OpenStreetMap Standard – слой с большим количеством разнообразных объектов и присущей им информацией данные на карте непрерывно актуализируются и дополняются.

2GIS – является наиболее детальным базовым слоем (из представленных на ресурсе). Столь богатое наполнение обусловлено тем, что разработчики концентрируются на добавлении большого количества информации о городах России, в том числе Санкт-Петербурга. Исходя из этого, данный слой рекомендуется использовать для более углубленного изучения объектов на карте.

ESRI Topo и ESRI World Street Map – представляют из себя слои со средней степенью детализации и отличаются между собой в основном за счёт различных цветовых палитр. Они так же имеют качественное изображение и создают приятное впечатление от использования.

Mapbox Streets – слой, составленный на основе данных, полученных из OpenStreetMap. Он использует более аккуратно оформленное и упрощённое картографическое изображение, нежели OSM. В отличие от нагруженного данными слоя OpenStreetMap, Mapbox Streets позволяет гораздо проще различать маркеры векторных объектов от маркеров и надписей на картографической основе. Особенно ярко это выражается при большом увеличении карты.

Mapbox Satellite и ArcGIS Imagery – одни из основных слоёв для Leaflet, использующихся для отображения данных дистанционного зондирования земли и аэрофотосъёмки. Слои представляют собой спутниковые снимки, охватывающие весь мир с высоким разрешением и детализацией. Источники данных могут быть различные, а меняются они в зависимости от местоположения и масштаба карты.

Перечисленные выше слои были объединены группу путем использования плагина для Leaflet («grouped layer control plugin»), встроив его в исходный программный код карты. Также был создан элемент управления слоями группы, в котором указываются содержащиеся в нём переменные. Для добавления элемента на карту, в конце функции необходимо прописать «.addTo(map)». После указанных процедур в правом верхнем углу карты появится панель управления и переключения слоёв. При нажатии на неё на сенсорном дисплее или наведении курсора мыши вы увидите такой элемент интерфейса как меню. В данном окне предоставляется возможность выбирать базовый слой, активировать или деактивировать слои объектов карты.

5.1.2. Формирование группы слоёв с историческими планами Санкт-Петербурга

Полученные от Санкт-Петербургской Ассоциации Геодезии и Картографии планы города Санкт-Петербурга (в виде растровых изображений в высоком разрешении) были использованы для их наложения и публикации на веб-сайте с интерактивной картой.

Привязку растров можно выполнить несколькими способами. В данной работе она осуществлялась в бесплатном геоинформационной системе QGIS и её Российском варианте исполнения NextGIS QGIS, используя модуль привязки растров GDAL. В первую очередь производится импорт планов в рабочем окне модуля. Начало координат растра по умолчанию находится в левом верхнем углу (координаты по оси X возрастают слева направо, а координаты по оси Y сверху вниз). Далее на изображении и на карте проставляются соответствующие друг другу точки для дальнейшей трансформации растра. Тип трансформации был определён как полиномиальный.

Нелинейные преобразования – это преобразования второго и более порядков. Данные преобразования могут частично исправлять нелинейные искажения. Преобразования второго порядка могут быть использованы для преобразования данных из географической системы координат в прямоугольную для таких целей как преобразования данных больших областей (например, для учета кривизны Земли), так же для точной привязки искажённых по разным причинам данных (например, из-за искажений линз камеры, некачественно отсканированных материалов) и др. (рис.15).

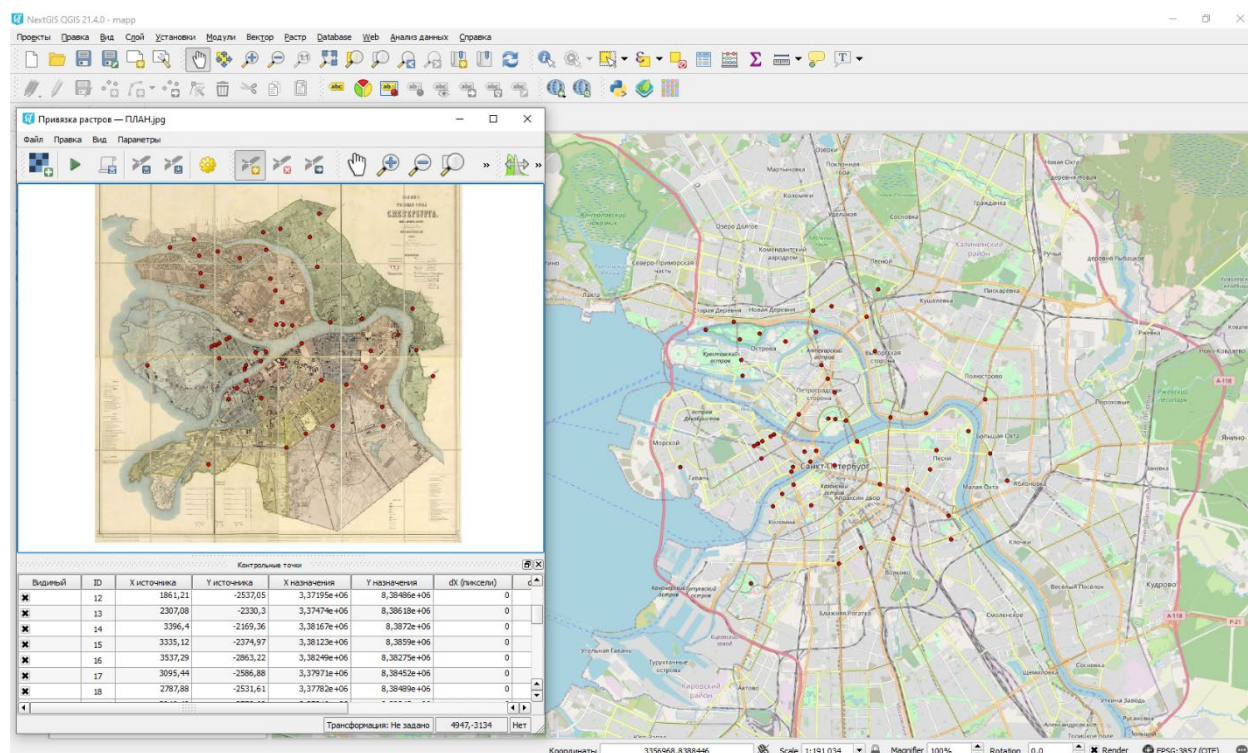


Рис. 15. Окно привязки растрового изображения в NextGIS QGIS

Для осуществления полиномиального преобразования второй степени необходимо указать не менее 6 контрольных точек (в данном случае на каждый растр приходилось не менее 50 точек привязки).

В прошлом на многих территориях отсутствовала как таковая застройка (современные Калининский район, Приморский район и др.). Следовательно, привязка осуществлялась по таким «твердым» точкам как каменные и кирпичные здания в старых районах города и сооружения, не поменявшие своей конфигурации до настоящего момента (контуры зданий, мосты, набережные, береговые линии рек) (рис.16).

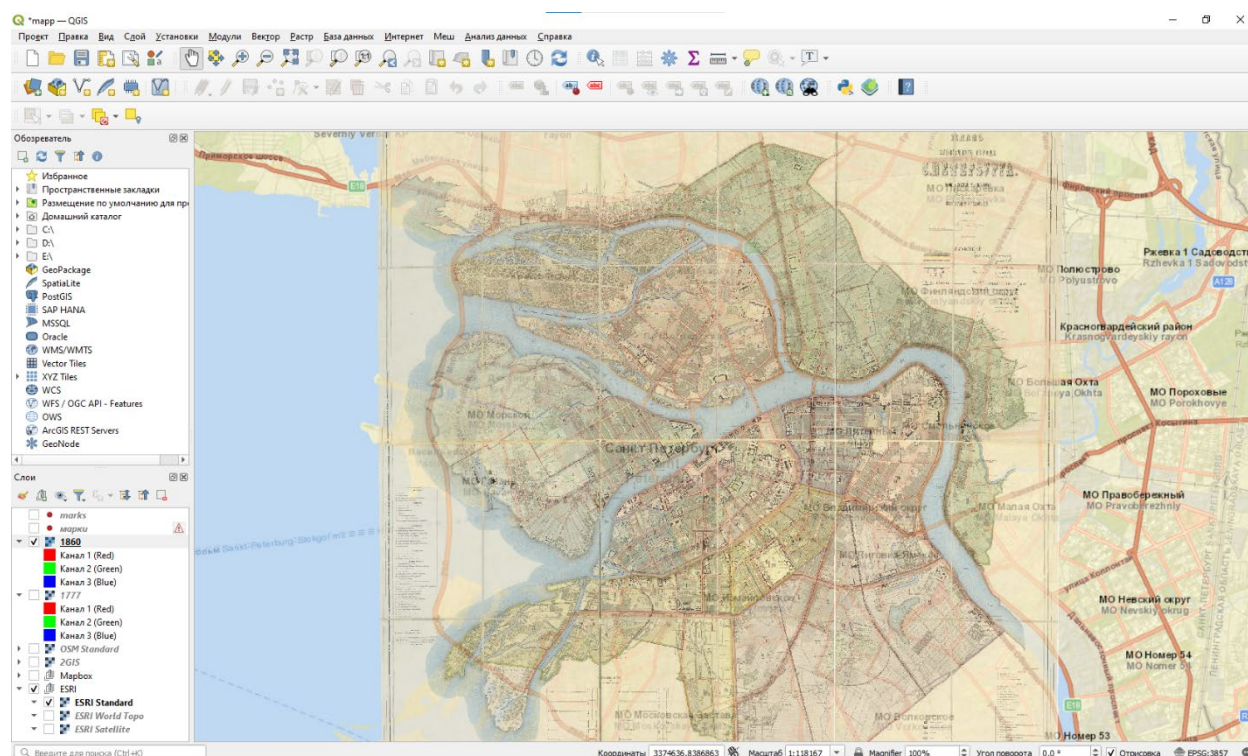


Рис. 16. Трансформированный растровый файл на современной картографической основе

Для публикации интерактивных карт в интернете наиболее часто используется проекция EPSG:3857 (Веб-Меркатор встречается в наиболее распространенных картографических веб-приложениях — Google, Bing, OpenStreetMap и др.).

Далее в исходный программный код карты, как и в случае со слоями базовых карт, были дописаны функции с указанием границ трансформированного плана и указан путь к директории с изображениями (рис.17).

```

868 // Планы Санкт-Петербурга
869 // 1777 год
870 var img_1777 = "/plans/1777.png";
871 var img_bounds_1777 = [
872   [59.886015181, 30.1805009418],
873   [60.0081248993, 30.454333429],
874 ];
875 var overlay_1777 = new L.imageOverlay(img_1777, img_bounds_1777);
876 // 1860 год
877 var img_1860 = "/plans/1860.png";
878 var img_bounds_1860 = [
879   [59.8733474059, 30.1846401439],
880   [60.0068834869, 30.4435055004],
881 ];
882 var overlay_1860 = new L.imageOverlay(img_1860, img_bounds_1860);

```

Рис. 17. Добавление строк кода для отображения плана

Путем всех вышеописанных преобразований план Санкт-Петербурга 1860 года был успешно интегрирован в интерактивную веб-карту (рис.18). Аналогичными же операциями был добавлен план 1777 года. Следовательно, что и в случае с другими планами города разных лет, можно продолжать добавлять всё больше карт и планов по необходимости просто опираясь на описанный порядок действий.

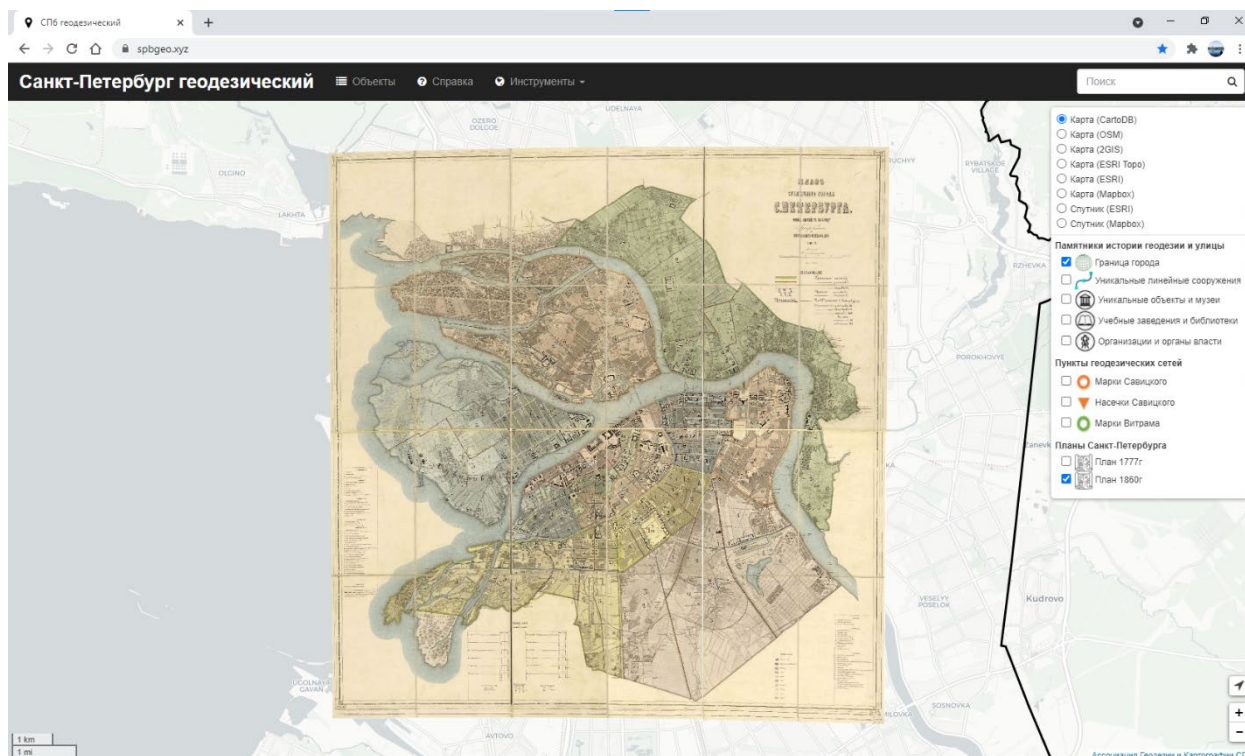


Рис. 18. Фрагмент интерактивной карты

5.2. Формирование групп слоёв с точечными и линейными объектами

Информация о марках и насечках М.А. Савицкого и марках Ф.Ф. Витрама предоставлена Санкт-Петербургской Ассоциацией Геодезии и Картографии. Полученный массив материалов предстояло тщательно переработать и получить графическое отображение вышеперечисленных объектов на карте. Предварительно, точечные и линейные объекты создавались с помощью популярной геоинформационной системы с открытым исходным кодом QGIS. Система координат данных: WGS84.

В созданном ранее проекте QGIS (это необязательно, можно создать новый, но основные параметры должны быть идентичны), создаётся слой с точечными объектами (рис.19). Таблицы атрибутов заполняются различными сведениями. К примеру, для марок Савицкого М.А. были необходимы поля:

- Местоположение;
- Номер нивелирной марки;
- Дополнительная информация.

форматы. Для обоих слоёв (точечных и линейных объектов) выходным форматом данных был выбран компактный и довольно распространённый формат GeoJSON (рис.21).

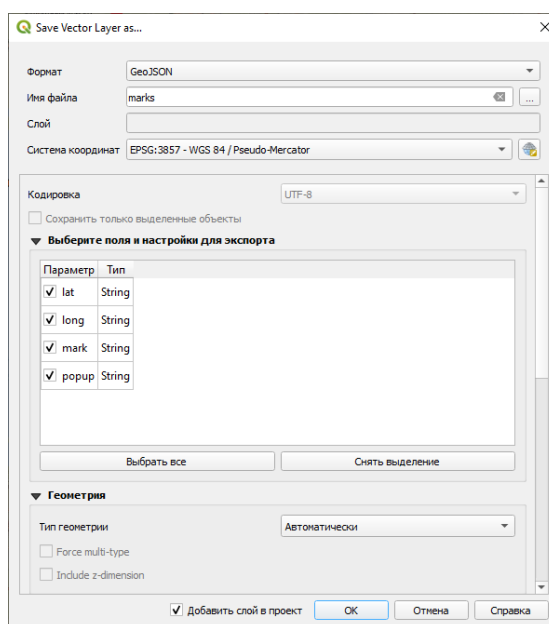


Рис. 21. Экспорт слоя с точечными объектами в формат GeoJSON

Экспорт линейных объектов было решено так же произвести в формат GeoJSON, написанный на основе формата JSON. Он позволяет отображать сложные примитивы с географической привязкой, такие как полилинии, полигоны с содержащимися в них атрибутами. GeoJSON достаточно распространён среди различных, как веб-ресурсов, так и Географических Информационных Систем (практически универсальный формат для представления геопространственных данных). Выходной системой координат, как и для точечных объектов, выбрана WGS84 (рис.22).

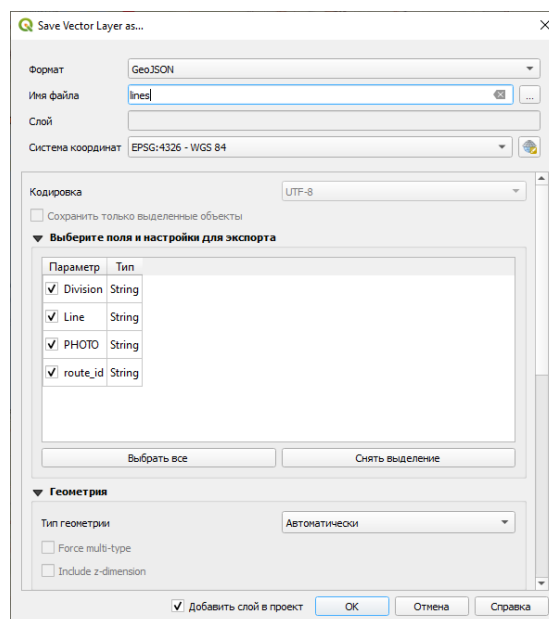


Рис. 22. Экспорт слоя с точечными объектами в формат GeoJSON

Затем GeoJSON файлы импортируются в исходный программный код веб-карты. Далее было необходимо проверить данные на корректность, так как хоть GeoJSON

стандартизирован, но различия по структуре всё-таки могут встречаться. Проведя оптимизацию внутри файлов, можно переходить к следующему этапу, а именно – подключение GeoJSON путём преобразования в обычные JSON файлы в программном коде для активации слоёв и всплывающих окон с именем, характеристиками и фотографией с описанием. Три линейных объекта объединены в слой «Уникальные линейные сооружения». Для задания цвета линиям создаётся небольшой словарь, где в «HEX» формате указывается уникальный номер элемента и параметр, по которому следует отнести его к тому или иному объекту на карте (рис. 23).

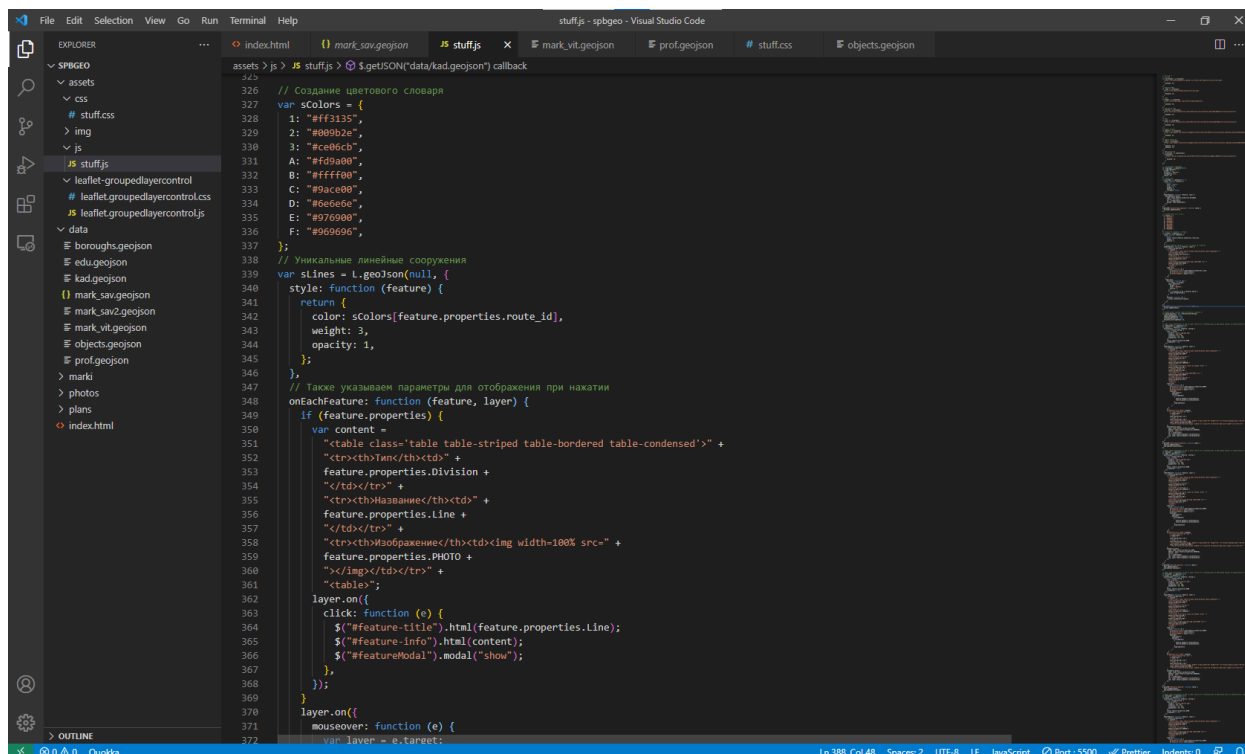


Рис. 23. Создание линейного объекта в программном коде веб-карты

Экспортированные файлы, содержащие минимальное количество данных, были так же отредактированы и дополнены сведениями об объектах. Редактирование таблиц производилось в той же программе (VS Code), где и написание кода страницы (рис.24).

Так, например, для памятников были добавлены следующие сведения:

- Описание и общая справка;
- Адрес и местоположение;
- Ссылка на источник информации;
- Фотография.

Для пунктов:

- Описание и общая справка;
- Адрес и местоположение;
- Изображение пункта.

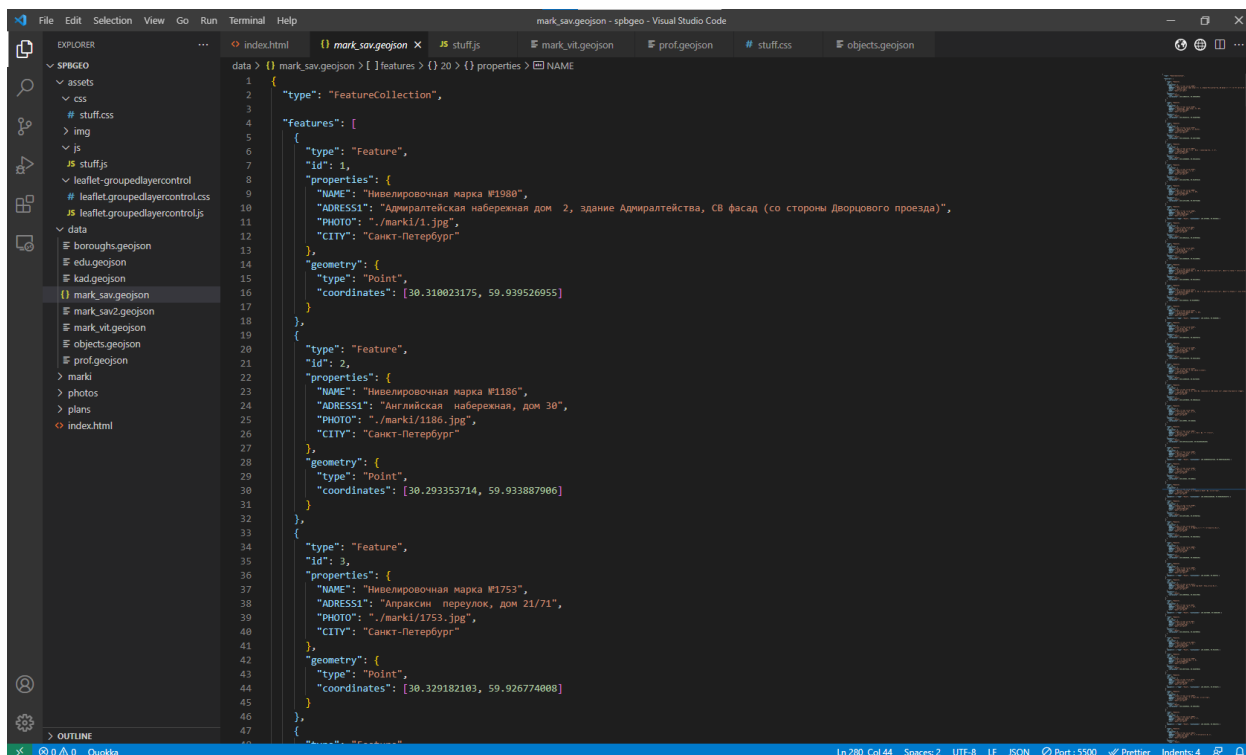


Рис. 24. JSON файл пунктов нивелировки М.А. Савицкого

Для отображения полученной информации используется плагин Leaflet.GeoJSON и любой иной плагин для Leaflet, опубликованный на официальном сайте веб-библиотеки, он свободно распространяется и может быть использован разработчиками и пользователями. В коде веб-карты к нему был прописан путь, функция и запрос к файлу.

Плагин Leaflet.GeoJSON позволяет подгружать атрибутивные данные, из таблиц используя для этого AJAX запросы. В результате, во всплывающем окне какого-либо объекта возможно отображение значения поля и его атрибутов (рис.25).

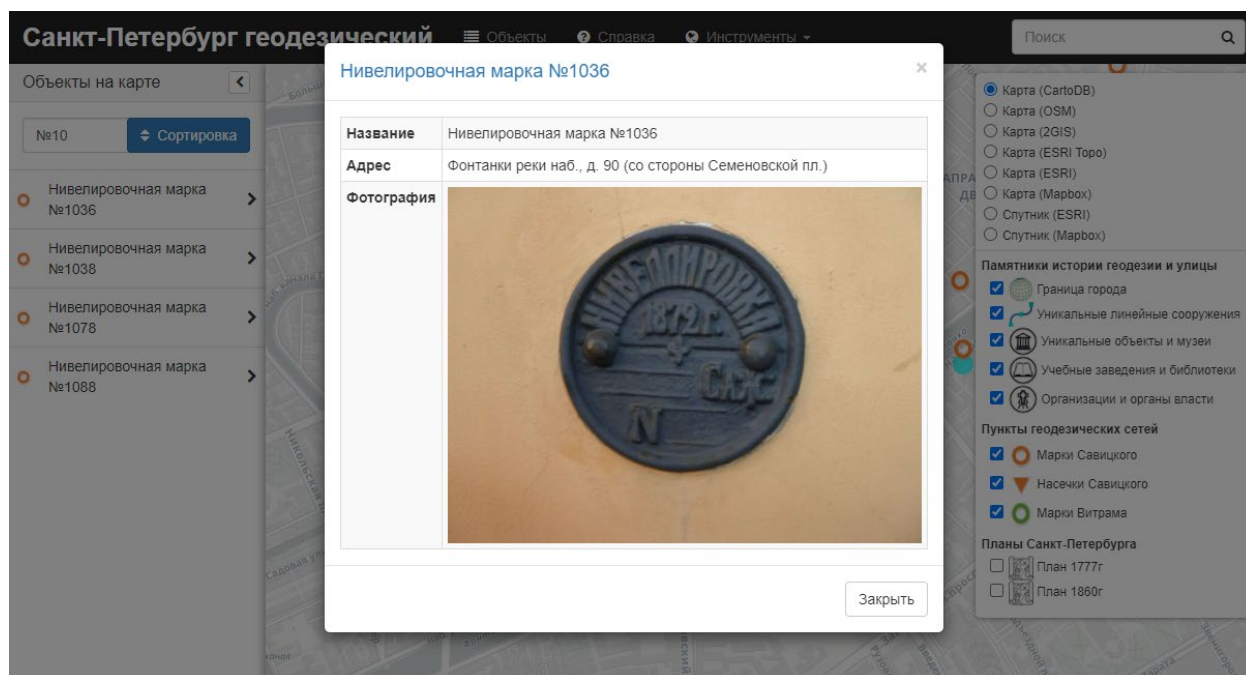


Рис. 25. Фрагмент интерактивной карты

5.3. Создание веб-ресурса

Разработка и создание интерактивной веб-карты «Санкт-Петербург геодезический» является первым этапом крупного проекта по формированию единого ресурса по истории развития геодезии и картографии Санкт-Петербурга.

Задача, которая была поставлена, заключалась в создании веб-сайта, который содержал бы следующие разделы:

- Интерактивная карта "Санкт-Петербург геодезический";
- Объекты карты;
- Справка;
- Контакты и обратная связь.

Раздел "Объекты" включает информацию об объектах, расположенных на карте, список которых отображается в левой части дисплея. Информация о каждом из них изложена подробно, с учётом уклона на отраслевую специфику.

Раздел "Справка" по структуре отсылки к содержимому в вышеописанных разделах и к другим источникам.

Раздел "Контакты и обратная связь" содержит контактную информацию с руководителями проекта. Обратная связь предполагает возможность сотрудничества с заинтересованными фондами, архивами, ведомствами, организациями и частными лицами. Использование материалов будет производиться в соответствии с нормативными актами РФ и на взаимовыгодных условиях для каждой из сторон.

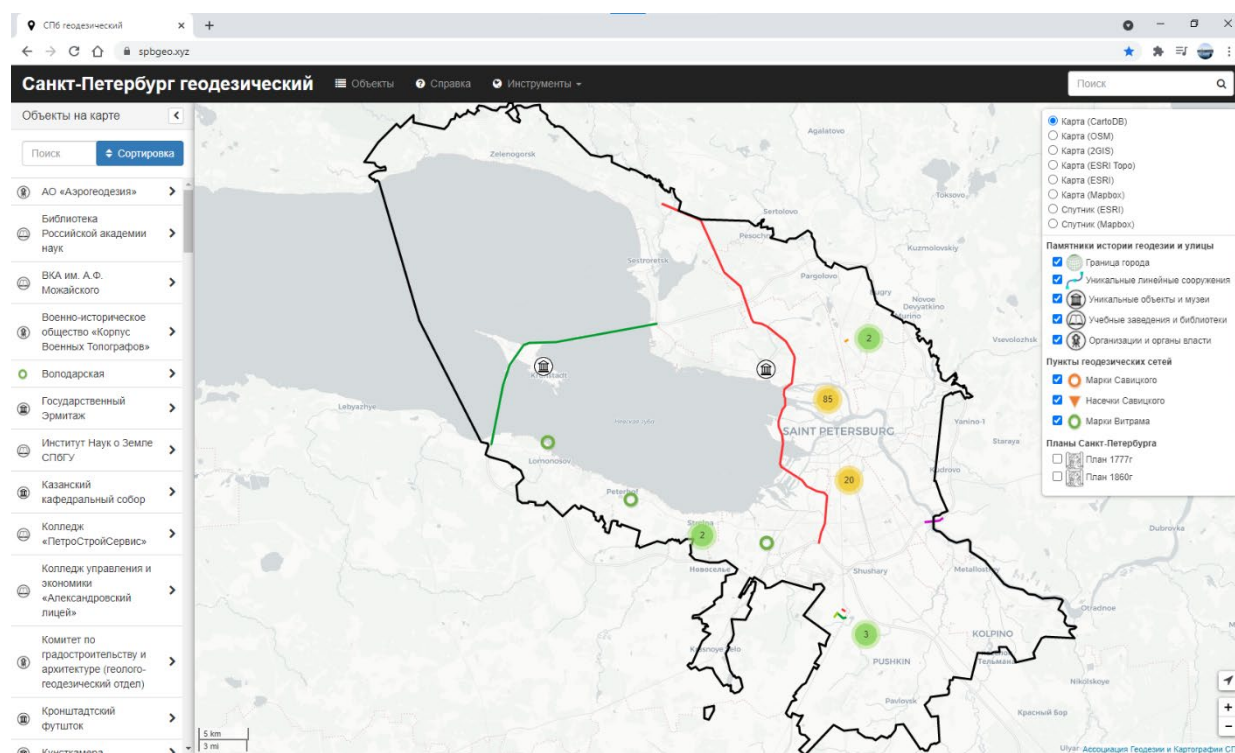


Рис. 26. Вид главной страницы ресурса

Веб-ресурс был написан на языке разметки HTML и языка CSS, необходимого для описания внешнего вида документа. Языки поддерживаются всеми наиболее популярными и распространёнными на настоящее время браузерами (Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera, Internet Explorer и Safari).

Дизайн веб-сайта разрабатывался с точки зрения простоты его использования, и в стиле минимализма. Для одинаково правильного отображения информации на всевозможных устройствах и компьютерах использовался фреймворк Bootstrap, что позволило создать адаптивный и автоматически подстраиваемый под любое разрешение дисплея ресурс (рис.26).

Во время вёрстки для тестирования получения обратной связи, замечаний по выполнению работы набор документов размещался на хостинге «hostronavt.ru» [26]. Он предлагает бесплатный хостинг сайта и бесплатный домен в зоне «.hostronavt.ru» под определенные цели, соответствующие требованиям, с которыми можно ознакомиться на их официальном сайте (рис.27).

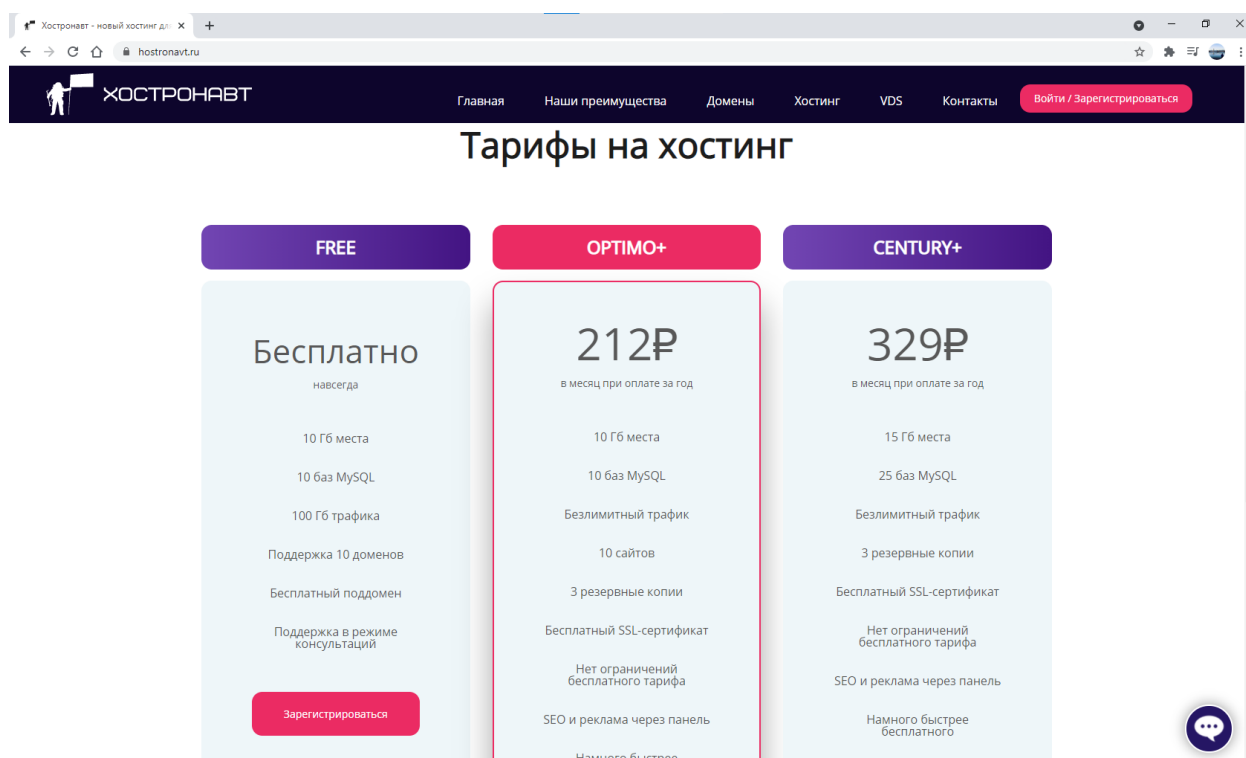


Рис. 27. Тарифы, предоставляемые ресурсом hostronavt.ru.

Доменное имя должно быть коротким и лаконичным, а также ассоциироваться в соответствии с названием интерактивной карты. Так, на начальном этапе было выбрано следующее доменное имя: «spbgeo.hostronavt.ru». Далее следует загрузка данных на хостинг, затем, перейдя по ссылке, можно наблюдать работающий ресурс. Проблем с отображением интерактивной карты до определённого этапа не наблюдалось, но после

превышения определённого количества, уже не все объекты отображались в соответствующей им конфигурации. Помимо это, при размещении ресурса на бесплатном хостинге не работала функция геопозиционирования (а для мобильного пользования это достаточно важный критерий) и низкая скорость загрузки также отрицательно сказывались на опыте использования созданного веб-ресурса.

По окончании верстки было принято решение об аренде более короткого доменного имени и перенос сайта на платный хостинг с возможностью бесплатного подключения SSL сертификата (это необходимо для функции геопозиционирования). Был приобретён доменный адрес в зоне «.xyz», что косвенно символизирует координаты. Данные операции производились на платформе REG.RU (рис.28), а URL адрес: «spbgeo.xyz».

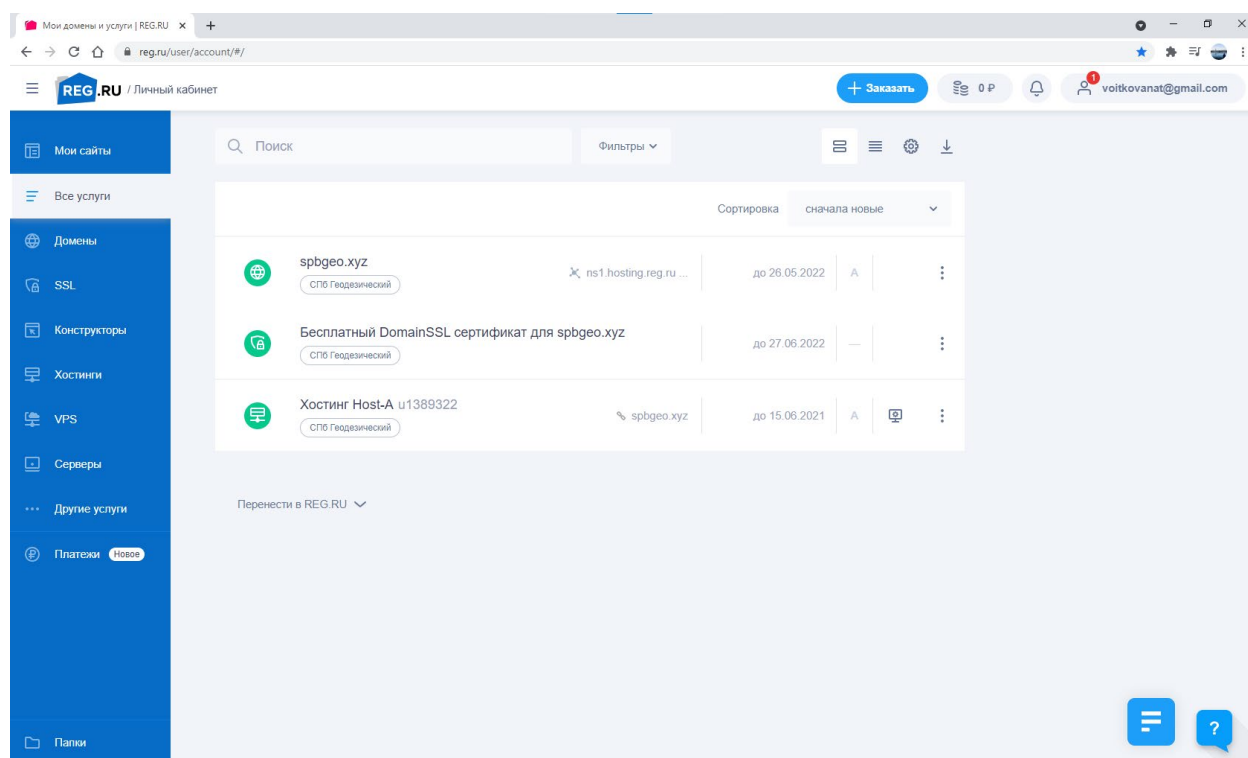


Рис. 28. Панель управления REG.RU

Выбор данного провайдера хостинга был обоснован низкой стоимостью обслуживания, совмещением нескольких услуг (хостинг, аренда доменного имени, SSL сертификат) и удобством настройки и администрирования размещённого ресурса. [27]

5.4. Рекомендации к работе с картой

По умолчанию, при загрузке страницы с интерактивной карты на ней отображаются все «Памятники истории геодезии» (точечные объекты/маркеры и линейные объекты) (рис.28).

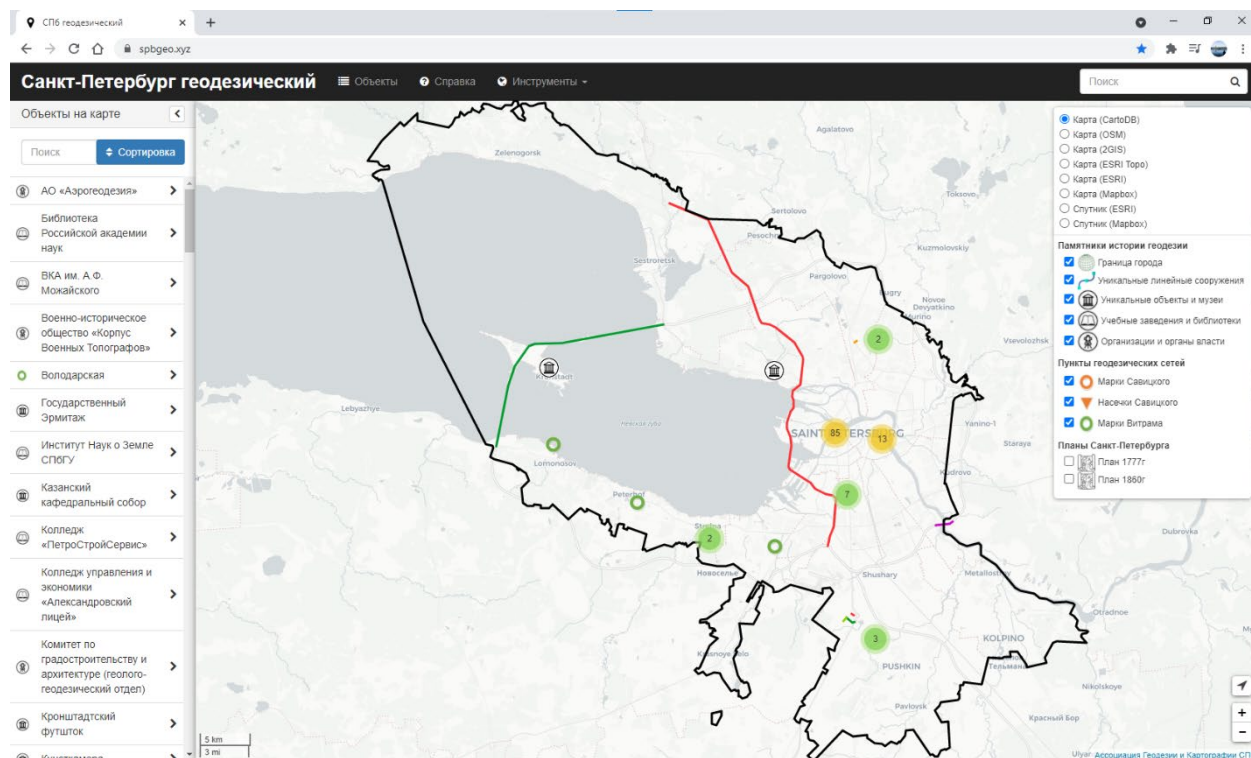


Рис. 28. Вид интерактивной карты

В правом верхнем углу располагается панель управления слоями. С её помощью можно выбирать картографическую основу, активировать или деактивировать векторные данные, включать и отключать слои исторических карт. Все данные разделены по определенным категориям.

Точечные объекты автоматически объединяются в кластеры (в зависимости от уровня приближения). Использован это для того, чтобы избежать наложения большого количества маркеров. При работе с каким-то определенным слоем точечных объектов рекомендуется отключать все другие слои, для упрощения восприятия вида карты. Соответственно зелёный кластер объединяет до 10 маркеров, жёлтый до 100, оранжевый более 100. При нажатии на круг увеличивается масштаб карты, и кластер распадается на кластеры другого порядка, либо непосредственно на маркеры.

Точечные и линейные объекты обладают определенными атрибутами, которые выводятся во всплывающем окне при клике на маркер или полилинию.

Планы Санкт-Петербурга позволяют воссоздать облик города и изучить историю развития застройки его частей.

Заключение

Наблюдается определенная тенденция в развитии веб-картографирования. Если раньше подобные приложения использовались лишь для отображения примитивной графики, то сейчас можно увидеть произведения, обладающие достаточным набором функциональных возможностей (зачастую не уступающих инструментарию некоторых ГИС), поддержкой различных моделей пространственных данных, визуализацией большого объема информации, в том числе и из баз данных.

Изученные материалы о геодезических и картографических работах, проводимых на территории города Санкт-Петербурга, послужили основой для формирования баз геоданных ресурса.

Рассмотренные возможности веб-картографии и анализ существующих примеров интерактивных карт, помогли определиться с выбором платформы для реализации проекта, подчеркнуть основные достоинства и недостатки имеющихся в сети проектов и учесть их в своей работе.

С помощью технических средств веб-картографической библиотеки Leaflet удалось реализовать задачу по составлению интерактивной карты. Данная платформа стремительно развивается, проста в освоении, доброжелательна как к разработчику, так и к пользователю, и может быть использована в различных областях веб-картографии.

В результате выполнения работы была достигнута ее основная цель – создание интерактивной карты «Санкт-Петербург геодезический», поставленные задачи успешно выполнены. Интерактивная карта «Санкт-Петербург геодезический» удовлетворяет требованиям заказчика (Санкт-Петербургская Ассоциация Геодезии и Картографии). По итогам работ был разработан интернет-сайт, включающий в себя элементы геоинформационной системы. Основные требования, предъявляемые к ресурсу, были успешно выполнены. Все предъявляемые требования были успешно выполнены, а поставленные задачи реализованы.

На разных этапах работы было сделано следующее:

- Обработаны исходные данные. Все основные данные предоставлены АГИК СПб;
- Созданы геоинформационные слои с атрибутивной информацией;
- Сайт опубликован в сети Интернет, имеет постоянный URL <http://spbgeo.xyz/>.

В заключении хочется подчеркнуть, что у проекта ещё есть перспективы роста и расширения. В будущем возможна интеграция с сайтом профильной организации, что позволит так же значительно расширить круг охвата пользователей.

Литература

1. Богданов В. И., Малова Т. И. Геодезические и картографические работы ФВ Бауера в связи с катастрофическим наводнением Невы 1777 г.
2. Савицкий, М.А. Записка об исследованиях относительно местности города С. Петербурга, произведенных по поводу предположенного составления проекта для отвода нечистот из города и для устройства в оном мостовых. Санкт-Петербург: тип. т-ва "Обществ. польза", 1882.
3. Витрам, Ф.Ф. Нивелировка между Кронштадтом и С.-Петербургом в 1892 году. Санкт-Петербург: тип. Мор. м-ва, 1894.
4. Капцюг В.Б. Центр пункта «Кабози» астрономо-геодезической сети СССР. Научный паспорт памятника истории науки и техники. — Л.: Л.О. ИИЕиТ, 1983.
5. <https://gis-lab.info/qa/webgis.html> Дубинин М. Ю., Костикова А. М. Веб-ГИС //Компьютерра. – 2008. – Т. 33. – №. 749. – С. 09.
6. <https://openlayers.org/> – OpenLayers: официальный сайт, 01.06.2021
7. <https://leafletjs.com/> – Leaflet – JavaScript библиотека для создания интерактивных карт: официальный сайт, 01.06.2021
8. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Leaflet> – Wikipedia contributors, "Leaflet," Wikipedia, The Free Encyclopedia, 01.06.2021
9. <https://storymap.knightlab.com/> – StoryMapJS: официальный сайт, 01.06.2021
10. <https://maphub.net/> – MapHub: официальный сайт, 01.06.2021
11. <https://www.spb-guide.ru/map.htm> – СПбГид.рф: карта Санкт-Петербурга, 01.06.2021
12. <https://www.etovidel.net/sightsmap.php> – Карта достопримечательностей, 01.06.2021
13. <https://gsnspb.ru/interaktivnaya-karta/> – СГСНЭ: интерактивная карта, 01.06.2021
14. <https://how-old-is-this.house/> – Карта возраста домов: официальный сайт, 01.06.2021
15. <https://map.geosemantica.ru/home> – Геосемантика: карты, 01.06.2021
16. <https://www.struvearc.ru/> – Геодезическая дуга Струве: официальный сайт, 01.06.2021
17. <https://cesium.com/about/> – Cesium: About, 01.06.2021
18. https://ru.wikipedia.org/wiki/Адаптивный_веб-дизайн
19. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фреймворк> – Wikipedia contributors, "Фреймворк," Wikipedia, The Free Encyclopedia, 01.06.2021
20. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Mapbox> – Wikipedia contributors, "Mapbox," Wikipedia, The Free Encyclopedia, 01.06.2021
21. <https://ru.wikipedia.org/wiki/CSS> – Wikipedia contributors, "CSS," Wikipedia, The Free Encyclopedia, 01.06.2021

22. https://ru.wikipedia.org/wiki/Visual_Studio_Code – Wikipedia contributors, " Visual Studio Code," Wikipedia, The Free Encyclopedia, 01.06.2021
23. <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/HTML> – Руководства для начинающих, HTML, 01.06.2021
24. <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/JavaScript> – Руководства для начинающих, JavaScript, 01.06.2021
25. <https://bootstrap-4.ru/docs> – Русифицированная документация, Bootstrap, 01.06.2021
26. <https://hostronavt.ru/> – бесплатный хостинг, 01.06.2021
27. <https://www.reg.ru/> – «Регистратор доменных имён РЕГ.РУ», 01.06.2021
28. <https://code.visualstudio.com/> – Visual Studio FAQ, 01.06.2021

Приложения

Интерактивная карта «Санкт-Петербург геодезический»

<https://www.spbgeo.xyz/>

